Phys. sp.
378
w

8° Phys. Sp. 378 w

Handbuch

der

Hydrostatik

und

Pneumatik.

Von

Dionysius Lardner.

Aus dem Englischen

von

Dr. E. Brinckmeier.

Mit 18 Tafeln Abbildungen.

Quedlinburg und Leipzig.

Druck und Verlag von Gottfr. Basse.

1836.

Bayerische Staatsbibliothek München

Bayerische
Staatsbibliothek
München

Inhalt.

Hydrostatik.

Erstes Capitel.

Seite

Einleitung. Eintheilung der physischen Formen des Stoffs. — Der feste und flüssige Zustand. — Cohäsion. — Abstoßung. — Wärme. — Inhalt der Hydrostatik. 1

Zweites Capitel.

Druck der Flüssigkeiten. Gleichmäßiger Druck nach allen Richtungen. — Beweis desselben durch Experimente. — Eine Flüssigkeit ist eine Maschine. — Hydrostatisches Paradoxon. — Bramah's hydrostatische Presse. — Hydrostatischer Blasebalg. — Verschiedene nützliche Anwendungen dieser Eigenthümlichkeit. — Mittel, Signale zu machen. — Dr. Arnott's Meinung über ihre Anwendung. — Erläuterungen aus der thierischen Oekonomie. — Circulation des Blutes. 3

Drittes Capitel.

Von dem Druck, welchen das Gewicht der Flüssigkeiten hervorbringt. Druck nach Verhältniß der Höhe. — Druck auf die horizontale Oberfläche und die perpendiculairen Seiten eines Gefäßes. — Experimental-Beweise dieser Eigenschaft. — Total-Druck auf die perpendiculaire Seite eines Gefäßes. — Methode, den Totaldruck auf die Oberfläche eines Gefäßes von jeder Form zu berechnen. — Beispiele. — Kugel. — Cubus. — Verschiedene Wirkungen des Drucks der Flüssigkeiten auf große Tiefen. — Kork in eine Flasche gepreßt. — Wasser in Holzporen gepreßt. — Flüssigkeiten sind nicht absolut incompressibel. — Experimente zum Beweise dieses. 14

Viertes Capitel.

Flüssigkeiten behalten stets ihr Niveau. Experimental-Beweise. — Gefäß mit einer Communicationsröhre. — Verschiedene Gefäße, zwischen welchen eine freie Communication stattfindet. — Ein durch diesen Grundsatz erklärtes hydrostatisches Paradoxon. — Oberfläche einer Flüssigkeit. — Warum diese Beschaffenheit festen Körpern nicht eigen ist. — Oberfläche des Landes. — Oberfläche

Seite

der See. — Seltsame optische Täuschung der Wellen. — Aehnliche Eigenschaft an Drehschrauben. — Fontainen. — Erscheinungen von Flüssen, Quellen, Wasserfällen, erklärt. — Canäle, Schleusen. — Methode, Städte mit Wasser zu versorgen. — Begriff des Wortes Niveau. — Gemeinschaftliche Oberfläche zweier Flüssigkeiten in demselben Gefäße. — Nivellir-Instrumente. 30

Fünftes Capitel.

Von dem Eintauchen fester Körper in flüssige. Die Größe eines irregulairen festen Körpers genau zu bestimmen. — Wenn ein fester Körper in einer Flüssigkeit ist. — Wenn porös. — Wirkung des scheinbaren Gewichts der Flüssigkeit. — Wirkung des scheinbaren Gewichts des festen Körpers. — Das wirkliche Gewicht des festen Körpers und der Flüssigkeit wird durch das Eintauchen nicht verändert. — Ursach dieser scheinbaren Veränderung. — Wenn ein Körper hängt. — Schwimmende Körper. — Ableitung dieser Eigenschaften aus den Grundprincipien der Hydrostatik. — Der nämliche Körper sinkt in der einen Flüssigkeit, während er in einer andern steigt. — Schwimmfähigkeit. — Ihre Wirkung bei unterseeischen Operationen. — Wirkung derselben beim Baden. — Böte können selbst aus einem schweren Material verfertigt werden. — Ein eisernes Boot, welches nicht sinken kann. — Methode, Schiffe vor dem Versinken zu bewahren. — Wirkungen der Ladung. — Mittel, Waaren vom Meergrunde emporzubringen. — Schiffe über Untiefen zu bringen. — Rettungsgeräthe. — Schwimmen. — Wasservögel. — Fische. — Weßhalb ein ertrunkener Körper schwimmt. — Taschenspielergeräth. — Warum Eis schwimmt. — Felsen vom Eise auf die Oberfläche des Wassers gehoben. 43

Sechstes Capitel.

Von verschiedenen Flüssigkeiten in Gefäßen, die mit einander in Verbindung stehen. Leichtere Flüssigkeiten schwimmen oben. — Oel, Wasser und Quecksilber. — Milchschaum. — Bestandtheile des Bluts. — Oel und Spiritus. — Wasser und Wein. — Wasser in einer gefrornen See ist auf dem Boden minder kalt als an der Oberfläche. — Eine Flüssigkeit kann an der Oberfläche kochen, während die untern Theile kalt sind. — Methode, Hitze zum Kochen von Flüssigkeiten anzuwenden. — Methode, Eis zum Abkühlen des Weins zu benutzen. — Verschiedene Flüssigkeiten in einer gebogenen Röhre. — Methode, Wasser steigen zu machen, indem man es mit Luft schwängert. 62

Siebentes Capitel.

Gleichgewicht schwimmender Körper. Bedingungen des Gleichgewichts. — Fälle von stabilem, instabilem und neutralem Gleichgewicht. — Beweis durch Experimente. — Auf dem Wasser ge-

Seite

hen. — Rettungsinstrumente. — Stabilität der Schiffe. — Anordnung der Ladung. — Ballast. — Gefahr des Aufstehens in einem Kahne. — Neigung eines segelnden Schiffes. — Wie man dieselbe bei Dampfschiffen vermeidet. 67

Achtes Capitel.

Specifische Schwere. Verschiedener Sinn der Ausdrücke schwer und leicht. — Absolutes und relatives Gewicht. — Specifische Schwere. 74

Neuntes Capitel.

Hydraulik. Schnelligkeit des Ausfließens aus der Oeffnung eines Gefäßes. 92

Zehntes Capitel.

Hydraulische Maschinen. Wasserräder. — Oberschlächtige. — Unterschlächtige. — Brusträder. — Barker's Mühle. — Archimedes Schraube. — Schleusenleitung. — Kettenpumpe. . . . 106

Pneumatik.

Erstes Capitel.

Einleitung. Körperform. — Wirkung der Hitze auf dieselben. — Elasticität. — Eintheilung der Mechanik. — Compressibilität und Incompressibilität. — Fortwährend elastische Flüssigkeiten. — Dünste. — Dämpfe. — Atmosphärische Luft. 116

Zweites Capitel.

Eigenschaften der atmosphärischen Luft. Atmosphärische Luft ist materiell. — Ihre Farbe. — Ursach des blauen Himmels. — Grund der grünen Meerfarbe. — Die Luft hat Gewicht. — Experimente. — Trägheit (inertia) der Luft. — Beispiele ihres Widerstandes. — Sie erlangt Bewegkraft. — Beispiele ihrer Verdichtung. — Luft ist undurchdringlich. — Experimentalbeweise. . 120

Drittes Capitel.

Elasticität der Luft. Gleichheit der elastischen und comprimirenden Kräfte. — Begrenzte Höhe der Atmosphäre. — Verhältniß der Elasticität zu der Dichtigkeit. — Experimente. — Innerer und äußerer Druck auf verschlossene, mit Luft gefüllte Gefäße. . . . 124

Viertes Capitel.

Schwere der Luft. Gebrauch bei den Alten. — Kein Vacuum. — Saugen. — Galiläi's Erfindungen. — Torricelli entdeckt den atmosphärischen Druck. — Barometer. — Pascal's Experiment.

Seite

— Erfordernisse eines guten Barometers. — Mittel zu ihrer Sicherung. — Diagonal-Barometer. — Veränderung des atmosphärischen Drucks. — Rad-Barometer. — Vernier. — Gebrauch des Barometers. — Wetterglas. — Höhenmessung. — Druck auf Körper. — Warum derselbe nicht merkbar ist. — Gewöhnliche Bälge. — Schmiedebälge. — Theetopf. — Kessel. — Tinteflaschen. — Pneumatischer Trog. — Das Glucken beim Weinausschenken. . . 129

Fünftes Capitel.

Verminderung und Verdichtung der Luft. Luftpumpe. — Unmöglichkeit, ein Vacuum zu erzeugen. — Mechanische Mängel. — Verschiedene Formen der Luftpumpen. — Pumpe ohne Saugwalze. — Experimente mit der Luftpumpe. — Blasen zersprengt durch atmosphärischen Druck und durch Elasticität der Luft. — Getrocknete Früchte mit fixer Luft gefüllt. — Wasser durch elastische Kraft erhoben. — Eine Pumpe kann bei Mangel des atmosphärischen Drucks nicht wirken. — Das Saugen hört auf, wenn dieser Druck nicht mehr stattfindet. — Die Magdeburger Hemisphären. — Experiment mit einem Goldstück und einer Feder. — Sich erhitzende Flüssigkeiten. — Das Moussiren des Champagners. — Luft ist zum Fortpflanzen des Schalls nothwendig. — Die verdichtende Pumpe. — Der Verdichter. — 143

Sechstes Capitel.

Maschinen zum Emportreiben des Wassers. Die Hebepumpe. — Pumpe ohne Friction. — Die Saugpumpe. — Dieselbe mit einem Luftgefäß. — Dieselbe mit einem soliden Taucher. — Doppelte Zwingpumpe. — Heber. — Der würtembergische Heber. . . 157

Siebentes Capitel.

Der Luftballon. Die Windbüchse. Die Taucherglocke. Die Windbüchse. — Erste Versuche mit dem Ballon. — Lana's Ballon mit verdünnter Luft. — Feuerballon. — Erstes Aufsteigen. — Ballons mit Hydrogen gefüllt. — Fallschirm. — Blanchard's Experiment. — Ursachen der Wirksamkeit des Fallschirms. — Das Aufsteigen des Gay-Lussac und Biot. — Erscheinungen in den höhern Luftregionen. — Die Taucherglocke. 166

Erstes Capitel.

Einleitung.

Eintheilung der physischen Formen des Stoffs. — Der feste und flüssige Zustand. — Cohäsion. — Abstoßung. — Wärme. — Inhalt der Hydrostatik.

§. 1.

Um die Naturerscheinungen zu untersuchen und aufzuklären, und klar und deutlich die Gesetze hinzustellen, nach welchen sie geschehen, muß man die zu betrachtenden Gegenstände und Erscheinungen in, durch bestimmte Grenzlinien getrennte Classen bringen. Dieses System bleibt indeß immer mehr ein künstliches, nur als eine Stütze der beschränkten Kräfte des menschlichen Geistes angenommenes, als daß es mit dem wirklichen Zustande der natürlichen Welt übereinstimmen sollte. Materielle Substanzen und die verschiedenen durch gegenseitige Wirkung auf einander entstandenen Verhältnisse, existiren gesondert und individuell; die Wissenschaft ordnet sie nach gewissen an ihnen beobachteten Aehnlichkeiten und Analogien in Classen; aber diese Classification ist oft in hohem Grade willkürlich, und die Gegenstände einer Classe reichen durch kaum bemerkbare Uebergänge und Schattirungen in eine andere hinüber, gleich den Sprachen, Sitten und Gewohnheiten benachbarter Länder, zwischen denen sich keine natürliche Grenze befindet. Man muß also gestehen, daß unter solchen Umständen jede Classification der Natur Gewalt anthut; doch die Hülfe, welche sie bei der Erforschung ihrer Gesetze gewährt, und der Impuls, welchen sie den allgemeinen Fortschritten der Entdeckungen giebt, sind Vortheile, die alle gegen sie vorgebrachten Einwürfe überwiegen.

Die Eintheilung der Körper (oder vielmehr der physischen Zustände, in welchen dieselben sich befinden) in feste und flüssige, gab zu diesen Bemerkungen Veranlassung. Zwei entgegengesetzte Einflüsse herrschen in der materiellen Welt. Einer derselben ist das Princip der Cohäsion, nach welchem in den Theilen aller Körper ein Streben liegt, sich in harte, dichte Massen zu sammeln und

zu verdicken. Dieses Princip ist einem von anderer Natur entgegengesetzt, welches im Allgemeinen mit dem der Wärme zusammenzuhängen, wo nicht mit demselben identisch zu sein scheint. Kraft dieses letzteren haben die Grundbestandtheile der Körper, welche es durchdringt, eine Neigung, sich zu trennen, aus einander zu fliegen, oder einander abzustoßen. Diese beiden Kräfte stehen in verschiedenen Körpern in verschiedenem Verhältniß, wovon der physische Zustand des Körpers abhängt. Herrscht der Einfluß der Cohäsion über den der Abstoßung auf eine etwas beträchtliche Weise vor, so werden die Theile des Körpers in einer festen, concreten Masse zusammengehalten, und können durch keine Kraft getrennt werden, welche geringer ist, als die, durch welche die cohäsive Attraction, welche die Theile zusammenhält, die Abstoßungskraft übertrifft, welche dieselben zu trennen strebt. Stehen diese beiden Principe dagegen im umgekehrten Verhältniß, herrscht also eine Abstoßungskraft, welche den Theilen eine Neigung aus einander zu fliegen giebt, über die Cohäsionskraft vor, so gehen die Elementartheile des Körpers ins Unendliche aus einander, und zerstreuen sich in jeden leeren Raum, zu welchem sie Zugang haben. Dies ist mit der atmosphärischen Luft und allen andern Körpern in Gasform der Fall. Zwischen diesen beiden entgegengesetzten Zuständen liegt noch eine unendliche Menge anderer, die allen möglichen Beziehungen entsprechen, welche zwischen der Cohäsions- und Abstoßungskraft stattfinden können. Indeß giebt es nur einen Mittelzustand, welcher genau in der Mechanik bekannt ist, und zu dessen Erklärung wir noch eine andere Kraft, die Schwere der Bestandtheilchen, in Betracht ziehen müssen.

Man nennt einen Körper **fest**, wenn die Cohäsionskraft, durch welche seine Theile zusammengehalten werden, stark genug ist, die Abstoßungskraft, welche dieselben zu trennen strebt, zu neutralisiren, zugleich aber auch dem ihnen eigenen Streben, gleich Sandkörnern durch ihr eigenes Gewicht aus einander zu fallen, zu widerstehen. Ist dies der Fall, so wird der Körper, stellt man ihn auf eine ebene Fläche oder schließt ihn in ein Gefäß, welches hinlänglich groß ist, ihn zu fassen, seine Form behalten; die vorragenden Ecken und Kanten fallen nicht ab, sie bleiben fest in ihrer jedesmaligen Stellung. Wäre dagegen die Cohäsionskraft, obgleich hinreichend, um die durch die aus Wärme oder andern Ursachen entstandene Abstoßungskraft verursachte Trennung der Bestandtheile eines Körpers zu verhüten, doch nicht stark genug, um zu hindern, daß sie durch ihre eigene Schwere aus einander fallen, so würde die Masse des Körpers, setzte man diesen auf eine ebene Fläche, durch das ungehemmte Streben der Theile, durch ihre Schwere aus einander zu fallen, sich über die Oberfläche verbreiten; befände sich der Körper dagegen in einem Gefäße, welches

durch seine Seiten die Theilchen zurückhielte, so würden sie in jeden hohlen Raum des Gefäßes fallen, und der obere Theil der Masse würde, wäre der untere Raum ganz gefüllt, eine ebene Oberfläche bilden. Dies ist der Fall mit Wasser und allen andern Körpern in flüssiger Gestalt. Zwischen der eigentlichen Flüssigkeit und der bereits beschriebenen Solidität oder Festigkeit jedoch giebt es noch verschiedene Mittelzustände. Der allmählige Uebergang des Leims aus dem festen in den weichen, und endlich in den vollkommen flüssigen Zustand wird diese Bemerkungen erläutern. Der Theil der Wissenschaft der Mechanik, zu welchem wir uns jetzt wenden, beschränkt sich auf die Betrachtung der Körper, die sich in einem vollkommen flüssigen Zustande befinden; und da das Wasser als der Typus aller andern Flüssigkeiten angenommen ist, hat man diesen Theil der Wissenschaft Hydrostatik genannt *).

Zweites Capitel.

Druck der Flüssigkeiten.

Gleichmäßiger Druck nach allen Richtungen. — Beweis desselben durch Experimente. — Eine Flüssigkeit ist eine Maschine. — Hydrostatisches Paradoxon. — Bramah's hydrostatische Presse. — Hydrostatischer Blasebalg. — Verschiedene nützliche Anwendungen dieser Eigenthümlichkeit. — Mittel, Signale zu machen. — Dr. Arnott's Meinung über ihre Anwendung. — Erläuterungen aus der thierischen Oekonomie. — Circulation des Blutes.

§. 2.

Die vorzüglichste Eigenschaft der Körper, welche von dem flüssigen Zustande abhängt, und wodurch sich dieser Zustand von dem festen unterscheidet, ist das Vermögen, nach allen Richtungen hin einen Druck auszuüben. In mathematischen Abhandlungen nimmt man diese Eigenschaft gewöhnlich für die Definition der Flüssigkeit, und für die Basis der Untersuchung, über welcher das ganze Lehrgebäude aufgeführt wird.

Um dies verständlich zu machen, nehmen wir ein verschlossenes Gefäß von beliebiger Form, z. B. **A B C D E**, Fig 1., das bei **O** eine Oeffnung hat, in welche die Röhre oder der Cylinder **O T** gesteckt wird. Man nehme an, daß das Gefäß bis zu der

---

*) Der Ausdrücke Hydrodynamik und Hydraulik bedient man sich, um gewisse Theile dieser Wissenschaft zu bezeichnen. Für unsern Zweck ist es jedoch passender, das Ganze unter dem Titel „Hydrostatik“ zusammenzufassen.

Mündung O der Oeffnung ganz mit einer Flüssigkeit gefüllt und ein Pumpenstempel P in die Röhre geschoben sei und niedergedrückt werde, bis er mit der Flüssigkeit in Berührung kommt. Wird dieser Stempel dann mit einiger Kraft, z. B. der eines Pfundes, auf die Flüssigkeit gedrückt, so wird ein gleichmäßiger Druck auf alle Theile der Oberfläche des Gefäßes, die an Größe der Basis des Stempels P gleich ist, ausgeübt werden. Wäre die Basis des Stempels einen Quadratzoll groß, so würde der Druck eines Pfundes auf jeden Quadratzoll der innern Fläche des Gefäßes ausgeübt, und eine das Gefäß zu zerbrechen strebende Kraft hervorgebracht werden, deren ganzer Belang so viel Pfunde beträgt, als Quadratzolle in der innern Fläche des Gefäßes sind. Betrüge die ganze innere Fläche des Gefäßes 10,000 Quadratzoll, so würde der Druck eines Pfundes auf den Stempel eine das Gefäß zu sprengen strebende Kraft hervorbringen, welche sich auf 9999 Pfund beläuft.

§. 3.

Diese Eigenschaft wird durch folgenden Versuch deutlicher werden:

A B C D (Fig. 2.) sei ein verschlossenes Gefäß, dessen Spitze A B horizontal ist. O O′ seien zwei Oeffnungen von der Größe eines Quadratzolls und in diese schraube man zwei Cylinder. Dann gieße man Wasser oder eine andere Flüssigkeit in das Gefäß, bis die Oberfläche die Oeffnungen O O′ erreicht und jeder Theil des Gefäßes gefüllt ist. In die Cylinder stecke man Stempel, die bis dicht auf das Wasser reichen, und belade den Stempel P so, daß er mit der Kraft eines Pfundes auf das Wasser drückt. Drückt der Stempel P′ auf das Wasser mit der Kraft von weniger als einem Pfunde, so steigt er unmittelbar, während P fällt. Daraus erhellt, daß der Druck, welcher vermittelst des Wassers von der Basis von P auf die Basis von P′ ausgeübt wird, nicht geringer als ein Pfund ist. Drückt dagegen P′ mit der Kraft von mehr als einem Pfunde auf das Wasser, so sinkt er hinein, während P steigt. Woraus erhellt, daß die Last eines Pfundes unfähig ist, einer größeren Widerstand zu leisten. Man sieht aus diesen beiden Erfahrungen, daß der auf P′ ausgeübte Druck weder größer noch kleiner als ein Pfund, also gerade ein Pfund betrage.

Dies wird ferner bewahrheitet, wenn man den Stempel P′ so beschwert, daß er auf die Flüssigkeit einen Druck ausübt, der sich bis zu einem Pfunde erhebt. Dann bemerkt man, daß die Stempel einander das Gleichgewicht halten. Im Allgemeinen kann man annehmen, daß die Stempel, so lange sie gleich schwer sind, wie groß oder klein ihre Last auch sein mag, sich einander im Gleichgewicht halten. Beschwert man den einen aber mehr

als den andern, so unbedeutend dies auch sein mag, so wird augenblicklich der schwere sinken, und eine Wirkung auf den andern ausüben, die diesen in die Höhe treibt.

Es ist daraus einleuchtend, daß eine Kraft, welche auf einen Quadratzoll der Oberfläche des Wassers in P wirkt, es nach innen drückend, eine gleiche Kraft auf den Quadratzoll der Fläche, welche die Basis des Stempels P' bildet, üben und ihn nach Außen zu drängen streben wird. Es ist ferner einleuchtend, daß dieses ebenfalls zutrifft, wenn die die Basis des Stempels P' bildende Fläche ein Theil der innern Fläche des Gefäßes wäre, und bei O' weder Oeffnung noch Cylinder wäre. Ferner, daß man dasselbe Resultat erhalten würde, in welchem Theile des Gefäßes die Oeffnung O sich auch befinde; und deßhalb nehmen wir an, daß jeder besondere Quadratzoll der Fläche von der damit in Berührung stehenden Flüssigkeit einen Druck erhält, der dem Drucke gleich ist, welcher von dem Stempel P auf das Wasser ausgeübt wird.

Diese wichtige Eigenschaft möge durch Folgendes noch deutlicher werden:

Wir haben angenommen, daß die beiden Oeffnungen und die sie füllenden Stempel an Größe gleich seien. Nehmen wir jetzt an, daß die Oeffnung O' zehnmal so groß sei, als die Oeffnung O (Fig. 3).

Aus dem bereits Gesagten folgt, daß der nach innen auf P wirkende Druck eines Pfundes den Druck eines Pfundes nach außen hin auf jeden Quadratzoll in der Basis des Stempels P' hervorbringt; und deßhalb wird der Stempel P durch eine Kraft aufwärts getrieben werden, welche sich auf zehn Pfund beläuft. Demgemäß werden wir finden, daß dieser Stempel, wird er mit zehn Pfund beladen, dem Druck des Wassers widersteht, und nicht aufwärts getrieben wird; dagegen macht ihn dieses Gewicht nicht fähig, die Flüssigkeit nach innen zu treiben; er wird nur seine Stellung behaupten. Wird er mit mehr als zehn Pfunden beschwert, so treibt er die Flüssigkeit nach innen und den Stempel P in die Höhe; dagegen mit weniger als zehn Pfund beschwert, wird er selber von P in die Höhe getrieben. Es erhellt also, daß der auf die zehn Quadratzoll der Fläche, welche die Basis des Stempel P' bildet, ausgeübte Druck, nicht mehr und nicht weniger als zehn Pfund beträgt. Eben so wird, wie auch das Verhältniß sein mag, in welchem die Basis des größern Stempels P' zu der Basis des Stempels P steht, die durch die Flüssigkeit von P auf P' ausgeübte Kraft in ganz demselben Grade vervielfältigt sein.

Indeß giebt es einige Umstände, die der Genauigkeit schaden, mit welcher diese Resultate herbeigeführt werden. Damit sich die Stempel P und P' so in den Cylindern bewegen, daß die Flüssig-

keit zwischen ihnen und den Seiten der Cylinder nicht durchdringen könne, ist es nothwendig, daß sie genau passen; dabei ist aber eine gewisse Friction unvermeidlich; und ehe der von dem einen Stempel bewirkte Druck eine bemerkbare Wirkung auf den andern übt, muß man die Last so erhöhen, daß sie die Friction beider Stempel aufhebt. Sind so in Fig. 2. die Stempel gleich sehr beschwert, so wird durch die Hinzufügung eines kleinen Gewichts auf den einen den andern nicht sogleich in die Höhe treiben; dies wird nur geschehen, wenn das Gewicht stärker ist als der Widerstand, welcher durch die Friction der Stempel bewirkt wird.

Diese Inconvenienz wird entfernt, wenn man den Druck auf die Oberfläche der Flüssigkeit bei O und O′ durch Mittel zu erreichen sucht, bei welchen man keine Friction wahrnimmt. Sie sind leicht zu finden, und obgleich sie anfangs diese Theorie auf eine mehr indirecte Weise zu bestätigen scheinen, so wird man doch bei genauerer Prüfung bemerken, daß diese Methode nicht nur direct, sondern selbst befriedigender als die vorige ist.

§. 4.

Nehmen wir an, die Stempel P und P′ seien aus den Cylindern entfernt, und daß runde Platten, welche genau die Oeffnungen O und O′ bedecken, sich auf Stäben drehen, welche quer durch die Oeffnungen gehen; so daß sie auf diesen Stäben so gedreht, daß ihre platten Flächen nach der Flüssigkeit gekehrt sind, die Oeffnung völlig verschließen, wie in Fig. 4., während sie, sind ihre scharfen Kanten nach der Flüssigkeit gekehrt, wie in Fig. 5. die Oeffnungen offen lassen; so ist in der bei Fig. 4. gezeigten Stellung alle Communication zwischen der Flüssigkeit in dem Gefäße und dem äußern Theile des Cylinders abgeschnitten, während dieselbe bei der Fig. 5. dargestellten Richtung frei ist.

Zuvörderst also seien die beiden Klappen V V′, wie bei Fig. 4., verschlossen und man gieße ein Pfund Oel in den Cylinder C. Offenbar wird die Klappe V den Druck eines Pfundes nicht aushalten; da sie sich daher umdreht, das Oel sich aber mit dem Wasser nicht vermischt, sondern oben auf bleibt, so wird das Wasser denselben Druck erleiden. Die Klappe drehe sich also, bis sie die Fig. 5. gezeichnete Stellung hat, so wird das Oel auf die Oberfläche des Wassers drücken, und da keine merkliche Friction zwischen dem Oel und der innern Fläche des Cylinders da ist, so wird der ungeschwächte Druck eines Pfundes auf jeden Quadratzoll der Fläche des Gefäßes wirken, und unter andern auf die Klappe V′, welche durch eine Kraft von diesem Belang in die Höhe gedrückt werden wird. Daß die Klappe V′ durch solch eine Kraft emporgetrieben werde, erhellt aus Folgendem: Man gieße ein Pfund Oel in die Röhre C′; dies wird auf die Klappe

V' mit der Schwere eines Pfundes drücken; und hat die Klappe V' die Fig. 5. dargestellte Lage erlangt, so wird derselbe Druck auf das darunter befindliche Wasser geschehen. Man bemerkt dann, daß die Oberfläche ihre Lage behält, indem sie weder das Oel in die Höhe treibt, noch von demselben niedergedrückt wird. Hat man weniger Oel als ein Pfund in die Röhre C' gegossen, so wird der Druck des Wassers unten vorherrschen und dessen Oberfläche in die Röhre steigen, und nur wieder in ihre vorige Lage gebracht werden können, wenn man so viel Oel nachgießt, daß das Pfund voll wird. Gießt man mehr hinein, so herrscht der Druck des Oels vor, und die Oberfläche des Wassers sinkt in die Röhre.

So erhellt denn schließlich, daß der in V erregte Druck eines Pfundes unvermindert nach V', und so auf dieselbe Weise nach jedem Quadratzoll der innern Fläche des Gefäßes fortgepflanzt wird.

§. 5.

Aus demselben Grunde kann man zeigen, daß der Cylinder C', wäre er größer als C, ein verhältnißmäßig größeres Gewicht Oel bedürfte, um dem Andrange des Wassers zu widerstehen, so daß wir denn zu demselben Schlusse kämen, den wir hinsichtlich des Stempels in Fig. 3. erhielten.

§. 6.

Durch dieses sonderbare Vermögen, den Druck fortzupflanzen, wird ein Fluidum, im engsten Sinne des Worts, eine Maschine und zwar von einer Einfachheit ohne gleichen und unbegrenzter Kraft; als solche fügt sie sich in alle Gesetze und erfüllt alle Bedingungen, denen Maschinen gewöhnlich unterworfen sind. Die erstaunlichen, aus der eben erklärten Eigenthümlichkeit der Flüssigkeiten folgenden und in verschiedener Gestalt erscheinenden Wirkungen, welche wir jetzt genauer aus einander setzen wollen, haben ihr den Namen des »hydrostatischen Paradoxon's« erworben. Indeß ist in diesen Wirkungen nichts mehr, als man bei jeder andern Maschine bemerkt, was den Namen eines Paradoxon's verdiente.

Eine auf den Stempel P, Fig. 6., wirkende Kraft eines Pfundes hält eine auf den Stempel P' wirkende Kraft von zehn Pfunden im Gleichgewicht. In diesem Falle jedoch darf man nicht annehmen, daß der Stempel P die zehn Pfund trage, welche den Stempel P' niederdrücken; der Boden des Gefäßes hält durch seinen Widerstand neun von den auf P' wirkenden zehn Pfunden und nur das übrige Pfund wird von P gehalten.

Die die Wirkung dieser Kräfte begleitenden Umstände unterscheiden sich in nichts von denen eines Hebers der einfachsten Art, der am kurzen Arme ein Gewicht von zehn Pfunden trägt, wel-

ches durch ein Pfund am längern Arme im Gleichgewicht gehalten wird. Die Flüssigkeit leistet den Dienst eines Hebebaums, indem sie die Wirkung des kleinern Gewichts auf das größere überträgt; und die Flächen des Gefäßes, welches die Flüssigkeit enthält, den Dienst des Trägers, in dem es sowohl Kraft, als Gewicht stützt und hält.

Bedient man sich des Stempels P, um den Stempel P′ in die Höhe zu treiben, statt ihn bloß in seiner Lage zu erhalten, so wird das, was in diesem Prozeß paradox erscheinen könnte, folgendermaßen sich leicht erklären: Treibt man den Stempel P einen Zoll hinab, so wird eine Quantität Wasser, welche einen Zoll des Cylinders C einnimmt, daraus vertrieben werden.

Da das Gefäß A B C D Fig. 6. ganz gefüllt ist, und seine Seiten nicht nachgeben, so muß der Stempel P′ emporgetrieben werden, bis für das aus C getriebene Wasser Raum gewonnen ist. Da aber der Cylinder C′ zehnmal breiter ist als C, so muß die Höhe, welche der Stempel P′ hinaufgetrieben wird, zehnmal kleiner sein, als die, welche der Stempel P hinabsank. Weil also ein Pfund den Stempel P einen Zoll hinabtrieb, so wird ein Gewicht von zehn Pfunden auf dem Stempel P′ durch einen Zehntelzoll bewegt. Wiederholt man diesen Prozeß zehn Mal, so bewegt man zehn Pfund auf dem Stempel P durch eine Höhe von einem Zoll durch zehn verschiedene Wiederholungen, von denen jede ein Pfund einen Zoll hoch bewegt. Die aufgewandte Kraft und die hervorgebrachte Wirkung sind deßhalb dieselben, als ob das Gewicht der zehn Pfund, womit der Stempel P′ beschwert war, in zehn gleiche Theile gesondert und diese Theile einzeln durch zehn verschiedene Wiederholungen die Höhe eines Zolles hinangetrieben wären. Die, um die gegebene Wirkung hervorzubringen, aufgewandte Kraft also ist dieselbe, als ob keine Maschine gebraucht worden sei.

§. 7.

Ein anderer überraschender Umstand in der Geschichte der Physik ist der, daß diese Eigenschaft der Flüssigkeiten, obgleich lange bekannt und den verschiedensten Beobachtungen unterworfen, bis in die neueste Zeit eine unbenutzte Thatsache geblieben ist. Die unter dem Namen hydrostatische oder hydraulische, oft auch, nach dem Namen des Erfinders Bramah'sche Presse bekannte Maschine ist nichts weiter, als eine einfache praktische Anwendung der eben untersuchten Eigenthümlichkeit.

Ein kleiner Cylinder C, Fig. 7., ist mit einem Stempel A versehen, der darin eingeschlossenes Wasser bewegt; auf dem Boden dieses Cylinders ist eine Klappe, B, welche sich nach oben öffnet und mit der Röhre unten in Verbindung steht, welche in einen Wasserbehälter hinabreicht. An der Seite des Cylinders C ist

eine enge Röhre D, welche in den Cylinder hineingefügt ist und mit E durch einen andern Cylinder C' von weit größeren Dimensionen in Verbindung steht. In diesem Cylinder befindet sich ein breiter Stempel A', dessen Stiel gegen den Gegenstand gerichtet wird, welchen gerade die Maschine halten und bewegen soll. Denken wir uns dieses jetzt bei einer gewöhnlichen Presse angewandt: G H I K stellt ein starkes eisernes Gestell vor und F eine bewegliche viereckige Platte darin, welche an dem Stempelstiele sitzt. Wird der Stempelstiel aufwärts bewegt, so wird die Platte F zu der Spitze der Presse H I emporgetrieben, so daß jeder Gegenstand, welcher sich zwischen der Platte F und der Spitze H I befindet, dem Drucke ausgesetzt ist. In der Röhre D E befindet sich eine Klappe O, welche sich nach dem großen Cylinder C' hin öffnet; in derselben Röhre ist ein Hahn P, vermittelst dessen man die Communication mit dem untern Wasserbehälter nach Belieben öffnen oder schließen kann.

Der Stiel des kleinen Stempels A hängt mit x durch einen Hebel L M zusammen, welcher sich auf einer Stütze in M bewegt. Die Presse wirkt, indem sie wechselsweise den Hebel in L hebt und niederdrückt, und der Proceß geht vor sich, wie wir jetzt beschreiben werden.

Ist das Wasser, wenn solches sich in dem Cylinder C' befindet, durch den Hahn P in den Behälter geleitet, der dann verschlossen ist, so wird der Stempel A' auf den Boden des Cylinders fallen. Nehmen wir also an, der Stempel A stehe auf dem Boden des Cylinders C. Wird der Hebel L nun aufgehoben, so steigt auch der Stempel A, und da der Raum unter dem Cylinder luftleer ist, so wird der Druck der atmosphärischen Luft *) das Wasser durch die Klappe B in den Behälter treiben, so daß der Cylinder C gefüllt wird; das Wasser kann durch die Klappe B nicht wieder zurück, weil diese nach oben zu sich öffnet und durch den Druck des Wassers nur noch fester verschlossen wird. Drückt man den Hebel L nieder, so wird das Wasser unter dem Stempel A durch die Klappe O getrieben, und durch die Röhre D E in den großen Cylinder C'. Setzt man diesen Prozeß fort, bis der Raum in dem großen Cylinder unter dem Stempel völlig mit Wasser gefüllt ist, so wird der Druck des Stempels A auf den Stempel A' übertragen, der je nach Proportion der Größe des Stempels A' zu der von A vervielfacht wird. Wäre also der Stempel A' tausend Mal so groß als A, so würde der Druck von zehn Pfunden auf den Stempel A den von zehntausend auf den Stempel A' bewirken. Während der Operation der Maschine, so lange der Stempel A steigt, ist dessen

*) Diese Wirkung wird in der Pneumatik erklärt werden.

Wirkung auf den Stempel A' aufgehoben; und wäre die Communicationsröhre D E, offen, so würde der Stempel A', während jedes Steigens des Stempels A, auf die Klappe B drücken, und dem Eindringen des Wassers in den kleinen Cylinder widerstehen, so daß die Operation der Maschine gehemmt würde; aber das Oeffnen der Klappe O nach dem großen Cylinder C' zu verhindert dies, und leistet in gewisser Hinsicht die Dienste eines Aufheberades. Ist das Wasser einmal durch die Klappe gedrungen, so kann es nicht zurück, und während der Stempel A erhoben ist, hält diese Klappe den Druck des großen Stempels A' aus. Und ist der große Stempel einmal in die Höhe getrieben, so kann er nicht zurückfallen.

Will man die Substanz, welche der Wirkung der Presse unterworfen ist, losmachen, so braucht man nur die Schraube P zu öffnen. Durch die Last des großen Stempels A' wird das Wasser dann durch die Röhre E getrieben, und durch die Communicationsröhre, zu welcher ihm durch die Schraube P der Zugang geöffnet ist, in den Behälter zurückfließen, aus welchem es ursprünglich durch die Pumpe A B emporgetrieben wurde.

Die mechanische Wirksamkeit des Hebels L M vermehrt die Kraft der Maschine. Wir haben gesehen, daß eine auf den kleinen Stempel wirkende Kraft von zehn Pfunden auf den großen die von zehntausend Pfunden hervorbringt. Ist aber der größere Arm L M des Hebels zehnmal so lang, als der kürzere M X, dann wird der Druck eines Pfundes in L den von zehn Pfunden in X, also auf die Basis des Stempels, hervorbringen. Unter diesen Umständen leuchtet es folglich ein, daß eine bewegende Kraft von einem Pfunde eine Wirkung hervorbringt, welche 10,000 Pfunden gleich ist. Mit solch einer Maschine könnte die Hand eines Kindes, bei L angelegt, einen Balken zerbrechen, der viele Tonnen zu tragen im Stande wäre.

Es ist evident, daß die Kraft dieser Maschine theils von der Proportion der Größen der beiden Stempel, theils von der Länge des Arms L M abhängt. Verändert man diese Proportionen in der Construction der Presse, so kann man letztere zu jedem Zwecke einrichten und ihr jeden Grad von Kraft geben. Man kann also die Anordnung der Theile verändern, aber das Princip der Wirkung bleibt stets das nämliche.

Der große Vortheil, welchen diese Presse vor denen hat, welche durch eine Schraube bewegt werden, fällt in die Augen. Zwischen den festen und flüssigen Theilen findet hier wenig oder gar keine Friction statt; es wird folglich bei der hydrostatischen Presse auch keine Kraft durch die Friction verloren, außer was die Friction der Stempel in den Cylindern betrifft. Dagegen ist von allen Maschinen die Schraube diejenige, welche am meisten durch Fric-

tion gehindert wird, weßhalb denn auch in jeder Schraubenpresse die bewegende Kraft einen großen Theil ihrer Wirksamkeit verliert.

§. 8.

Der gewöhnlich hydrostatischer Balg genannte Apparat ist eine andere Form, unter welcher das hydrostatische Paradoxon häufig dargestellt wird. Zwei flache Bretter, B C und D E Fig. 7., werden durch Leder oder biegsames Tuch A verbunden. Eine Art Röhre steht mit dem Innern des Balgs in Verbindung und geht in einen Hahn aus, durch welchen die Flüssigkeit, womit der Balg gefüllt ist, abläuft. Von dieser kurzen Röhre erhebt sich perpendiculair eine lange Röhre T, welche in einen Trichter F ausgeht, das obere Brett B C wird mit Gewichten W beschwert, die es nach dem untern Brette D E drücken, wodurch das sie verbindende Leder in Falten gelegt wird. Wird nun Wasser in den Trichter F gegossen, so fließt es in der Röhre hinab und tritt zwischen die Bretter. Fährt man mit dem Eingießen in den Trichter fort, so wird in der Röhre eine Säule bleiben, welche durch ihre Last auf das zwischen den Brettern befindliche Wasser drücken, und dadurch die Gewichte W halten wird. Fährt man dann mit dem Nachgießen noch fort, so werden die Gewichte so hoch gehoben, als das Leder, welches die Bretter zusammenhält, ausreicht.

In diesem Falle bildet das Gewicht der Wassersäule in der Röhre T den kleinern Stempel in der hydrostatischen Presse, während das mit den Gewichten beschwerte obere Brett die Wirkung des großen Stempels hat. Beträgt die Weite der Röhre T einen Quadratzoll und hat das obere Brett B C eine Oberfläche von 1000 □Zoll, so wird eine 1 Pfund wiegende Wassersäule in T ein Gewicht auf dem Brette tragen, welche 1000 Pfund beträgt. Dies kann auf dieselbe Weise und beinahe mit denselben Worten erklärt werden, deren wir uns bei der hydrostatischen Presse bedienten. Wird der Trichter abgenommen, und sechs Menschen stehen auf dem Brette B C, so kann einer von ihnen dadurch, daß er mit dem Munde in die Röhre bläst, einen hinreichenden Druck auf die Wassersäule hervorbringen, um das Brett sammt seiner Ladung emporsteigen zu lassen.

§. 9.

Wird eine lange enge Röhre A, Fig. 8., perpendiculär in ein mit Wasser gefülltes Gefäß B gefügt, so reicht das Gewicht von wenigen Unzen Wasser hin, das Gefäß zu sprengen, wie stark es auch sein möge, vorausgesetzt, daß die Röhre hinreichend lang und enge sei. Nach den bereits erläuterten Principien ist dies leicht zu verstehen. Nehmen wir an, daß die Röhre den hundertsten Theil eines Quadratzolls weit sei, und so hoch sich über das Ge-

fäß erhebe, daß sie eine Unze Wasser faßt, so wird der Theil des Wassers, welcher sich unmittelbar unter der Mündung der Röhre befindet, von der darüber stehenden Wassersäule den Druck einer Unze leiden. Da die Mündung der Röhre den hundertsten Theil eines Quadratzolls weit ist, so folgt aus dem bereits Bewiesenen, daß jeder hundertste Theil eines Quadratzolls auf der innern Fläche des Gefäßes den Druck einer Unze, und deßhalb jeder ganze Quadratzoll den von hundert Unzen aushalten wird. Ein □Fuß enthält 144 □Zoll, und daher wird jeder □Fuß einen Druck von 14,400 Unzen oder 900 Pf. aushalten. Mißt also die Basis des Gefäßes 9 □Fuß, die Seiten 36 □Fuß, und die Spitze 9 □Fuß, so beträgt die Totalfläche 54 □Fuß, von denen jeder Fuß einen Druck von 900 Pf. und die ganze Fläche einen das Gefäß zu sprengen strebenden Druck trägt, welcher das Gewicht von 21 Tonnen übersteigt, und diese enorme Kraft wird durch die mechanische Modification hervorgebracht, welche das Gewicht einer Unze Wasser erleidet.

§. 10.

Die eben kennen gelernte Eigenthümlichkeit der Flüssigkeiten bezeichnet dieselben als ein bequemes, einfaches und wirksames Mittel, eine Kraft an einen entfernten Punkt zu leiten und zwar unter Umständen, in welchen andere mechanische Mittel ganz unanwendbar sein würden. Man braucht nur eine mit Wasser gefüllte Röhre von dem Punkte, wo die Kraft ihren Ursprung hat, bis zu dem zu leiten, auf welchen sie übertragen werden soll; und da die Gestalt der Verbindungsröhre keinen Einfluß auf das Wasser hat, so giebt es kaum ein denkbares Hinderniß, welches der Uebertragung der Kraft von einem Punkte zum andern entgegen sein könnte. Ein auf die Flüssigkeit an dem einen Ende der Röhre ausgeübter Druck wird jedem Punkte der Oberfläche mitgetheilt, der mit der Flüssigkeit an dem andern Ende in Berührung steht, mag die Röhre gerade, gebogen oder winklig sein, mag sie aufwärts, nieder oder horizontal gehen. Sie kann auch durch die Mauern eines Hauses, durch Flüsse, unter, über oder um ein Hinderniß herum und in jeder Richtung gehen. Reichte eine mit Wasser gefüllte Röhre von London nach York, so würde ein an dem Ende in London auf die Flüssigkeit ausgeübter Druck augenblicklich auf das Ende in York übertragen werden. Man hat angenommen, daß solche Mittel sich gut zu telegraphischen Mittheilungen eigneten, in Lagen, wo die Ausgabe, Röhren zu legen, durch die Wichtigkeit gerechtfertigt würde; es würde solche Communicationsmethode den Vortheil haben, daß sie von allen den zufälligen Unterbrechungen frei wäre, denen Lichter, Signale und andere Mittel der Art unterworfen sind.

§. 11.

Das Vermögen der Flüssigkeiten, den Druck fortzupflanzen, hat Dr. Arnott vorgeschlagen, bei chirurgischen Fällen anzuwenden, und es möchte dies besonders in solchen Fällen sehr paßlich erscheinen, wo ein Druck auf einen innern Theil erforderlich ist, dem man nur mit einer Röhre nahe kommen kann, durch welche ein Instrument nicht mit Sicherheit hingeleitet werden mag. Dr. Arnott meint nun, eine Flüssigkeit durch eine biegsame Röhre zu gießen, die so geformt ist, daß, ist sie gefüllt, der passende Grad des Drucks an den erforderlichen Stellen hervorgebracht wird. Eine Beschreibung dieser Instrumente findet man in Dr. Arnott's Werk über die Physik.

§. 12.

Die thierische Oekonomie liefert unzählige Beispiele von dem Vermögen der Flüssigkeiten, den Druck fortzupflanzen. Die Knochen und härtern Theile des Körpers liefern das schöne Beispiel einer Structur, durch welches jedes leitende Princip der (gemeiniglich so genannten) Mechanik erläutert wird. In gleicher Weise liefern die Flüssigkeiten passende Erläuterungen über die Principien der Hydrostatik. Das Herz, der Quell, aus welchem das Blut nach allen Theilen des Systems geleitet wird, ist ein Instrument mit bedeutender Kraft, sich auszudehnen und zusammenzuziehen; dadurch, daß es einen Druck auf das Blut ausübt, treibt es diese Flüssigkeit in die Arterien, indem es durch eigene Communicationscanäle das, was dieselben bereits füllte, vorwärts und in die Venen treibt. Diese verschiedenen Röhren bestehen aus einem elastischen Stoffe, welcher fähig ist, den bei dem Herzen beginnenden Druck fortzupflanzen und so den Strom von Flüssigkeit weiter zu treiben, bis die Circulation geschehen ist.

Wie in der Röhre D E, Fig. 6. der hydrostatischen Presse, sind auch an passenden Stellen in den verschiedenen Röhren, durch welche die Circulation vor sich geht, Klappen angebracht. Sie sind so beschaffen, daß das Blut frei hindurch kann; hört aber der Druck der Muskeln auf, so kann es nicht zurück und der Widerstand der verschlossenen Klappe ersetzt die bewegende Kraft, deren Wirkung gehemmt ist.

Die Muskelkraft des Herzens, einen Druck auf das Blut auszuüben, wird durch ein Experiment sehr einleuchtend, welches in einem Werke des Dr. Hales: »Statische Versuche«, befindlich ist. Eine perpendiculäre Röhre wird so eingerichtet, daß sie mit dem Blute in einer der Arterien eines Thiers in Berührung kommt. Da das Blut nun nicht mehr gehindert ist, so strömt es in die Röhre und steigt über das Niveau des Herzens, dem Drucke gemäß, welchen es erleidet. Diese Höhe ist offenbar bei verschiedenen Thieren verschieden, und bei den größeren und stärkeren Ar-

ten auch größer als bei den kleinen. Bei einem Pferde steigt die Säule bis etwa 10 Fuß über das Herz empor. Der Druck, welchen es in den Venen unterworfen ist, ist weit geringer als in den Arterien. Dr. Hales fand, daß in dem menschlichen Körper der Druck des Arterienblutes fähig war, eine acht Fuß hohe Säule zu tragen, die vier Pfund auf den □ Zoll schwer war; während der Druck des Venenbluts nicht ein Viertelpfund auf den □Zoll überstieg, und nur eine Säule von 6 Zoll Höhe trug.

Drittes Capitel.

Von dem Druck, welchen das Gewicht der Flüssigkeiten hervorbringt.

Druck nach Verhältniß der Höhe. — Druck auf die horizontale Oberfläche und die perpendiculairen Seiten eines Gefäßes. — Experimental-Beweise dieser Eigenschaft. — Total-Druck auf die perpendiculaire Seite eines Gefäßes. — Methode, den Totaldruck auf die Oberfläche eines Gefäßes von jeder Form zu berechnen. — Beispiele. — Kugel. — Cubus. — Verschiedene Wirkungen des Drucks der Flüssigkeiten auf große Tiefen. — Kork in eine Flasche gepreßt. — Wasser in Holzporen gepreßt. — Flüssigkeiten sind nicht absolut incompressibel. — Experimente zum Beweise dieses.

§. 13.

Bei der im letzten Capitel enthaltenen Untersuchung wurden die Wirkungen des Gewichts der Flüssigkeit selbst außer Acht gelassen; es wurde diese nur als eine Maschine betrachtet, durch welche andere Kräfte fortgepflanzt und modificirt wurden. Auf dieselbe Weise indeß, und nach denselben Grundsätzen, nach welchen sie andere Kräfte fortpflanzt und modificirt, sendet sie auch die Wirkung ihres eigenen Gewichts durch die Dimensionen, welche es in dem Gefäße einnimmt. Dieses Gewicht verursacht einen gewissen Druck auf jeden Theil der Fläche des Gefäßes, mit dem es in Berührung steht. Der Totalbetrag dieses Drucks sowohl, als der Theil desselben, welchen jeder Theil der Oberfläche aushält, muß mit Rücksicht auf das Gewicht der Flüssigkeit, ihr Vermögen, den Druck fortzupflanzen und die besondere Gestalt des Gefäßes berechnet werden. Indeß mag hier die allgemeine Bemerkung stehen, daß die Wirkung ganz verschieden von der ist, welche durch einen festen Körper hervorgebracht werden würde.

§. 14.

Es giebt einen Hauptgrundsatz, durch welchen man den Druck

einer Flüssigkeit auf die Oberfläche des sie enthaltenden Gefäßes bestimmen kann. Jeder Theil der Oberfläche des Gefäßes erleidet, sobald er mit der Flüssigkeit in Berührung steht, einen Druck, welcher dem Gewicht einer Säule der Flüssigkeit gleich ist, welcher der Tiefe des Theils der Oberfläche des in Rede stehenden Gefäßes unter der Oberfläche der in dem Gefäße enthaltenen Flüssigkeit entspricht. Die Wahrheit dieses Hauptgrundsatzes wird einleuchten, wenn man die Sache zuvörderst in den einfachsten, am offensten sich darbietenden Fällen betrachtet, und von diesen zu den verwickeltern und schwierigern übergeht.

A B C, Fig. 9. sei eine lange Quadratröhre in perpendiculairer Stellung, deren jede Seite einen Zoll breit ist. Die Basis B C ist also ein Quadrat, an dem jede Seite einen Zoll breit ist. Ist diese Basis nun mit einem flachen Boden verschlossen, so gieße man Wasser hinein, bis es die Höhe von B C, einen Zoll über dem Boden, erreicht. Die Flüssigkeit kommt nun, außer dem □Zoll, den der Boden bildet, auf allen vier Seiten mit einem □Zoll der Fläche in Berührung. Dann füge man eine genau passende Platte hinein, und placire sie unmittelbar auf die Oberfläche des Wassers, so daß sie damit in Berührung kommt. Legt man ein Gewicht, z. B. 10 Pfund, auf diese Platte, so wird die Flüssigkeit darunter einen Druck von 10 Pfd. auf jeden Quadratzoll fortpflanzen, welcher mit dem Wasser in Berührung steht, weßhalb denn sowohl der Boden, als die vier Seiten einen Druck von 10 Pfd. erleiden müssen. Dies ist aus dem im letzten Capitel weitläufig Erläuterten vollkommen deutlich.

Nimmt man die Platte sammt dem darauf lastenden Gewichte fort, und gießt 10 Pfd. Wasser in die Röhre, so wird das Wasser unter B' C' genau denselben mechanischen Druck erleiden, wie früher von der Platte mit dem Gewichte und es wird dieser Druck auf dieselbe Weise von dem Wasser unter B' C' auf die Fläche der Röhre ausgeübt, so daß es einleuchtet, daß eine senkrechte Wassersäule, welche 10 Pfd. wiegt und über B' C' steht, nicht nur auf den Boden des Gefäßes, sondern auch unmittelbar auf die Seiten zwischen B' C' mit einer Kraft drücken wird, welche 10 Pfd. beträgt.

Was von der flüssigen Säule über B' C' gilt, gilt auch von jedem andern Theile der in der Röhre enthaltenen flüssigen Säule, so daß also die Säule über B'' C'' auf jedem □Zoll der Fläche des Gefäßes unter B'' C'' einen Druck ausüben wird, der ihrer Schwere gleichkommt.

Um diese Erläuterung deutlicher und einfacher zu machen, haben wir angenommen, daß die Section der Röhre im Quadrat und einen Zoll groß sei; doch bleibt das Verhältniß immer gleich, mag Form und Größe noch so verschieden sein. Denn jeder Theil

der Oberfläche des Gefäßes, welcher an Größe der Fläche der Platte gleich ist, wird einen Druck erleiden, welcher der Kraft gleich ist, mit welcher die Platte auf das Wasser drückt. Nimmt man die Platte weg und ersetzt sie durch ein gleiches Gewicht Wasser, so ist die Wirkung die nämliche.

§. 15.

Daraus sieht man im Allgemeinen, daß in jedem Gefäße, dessen Seiten senkrecht sind und das einen horizontalen Boden hat, wie auch sonst die Form beschaffen sein möge, der Druck auf den Boden dem ganzen Gewicht der Flüssigkeit, welche es enthält, gleich sein wird, während der Druck auf jeden □Zoll der senkrechten Seiten dem Gewicht einer Wassersäule gleich ist, deren Basis einen □Zoll beträgt, und deren Höhe gleich ist der Tiefe des Theils der Fläche des fraglichen Gefäßes, welcher sich unter der obern Fläche der Flüssigkeit in dem Gefäße befindet.

§. 16.

Aus dem bisher Festgestellten folgt, daß nicht nur die Fläche des Gefäßes, welches eine Flüssigkeit enthält, sondern zugleich jeder Theil der Flüssigkeit selbst einen Druck durch das Gewicht der Flüssigkeit darüber erleidet, welcher Druck nach denselben Gesetzen regulirt wird. Wird ein Theil der Flüssigkeit in einer gewissen Tiefe unter der Oberfläche abgesondert, so wird dieser Theil von der ihn umgebenden Flüssigkeit in jeder möglichen Richtung gleichmäßig gedrückt, und der Betrag des Drucks, welchen er erleidet, ist das Gewicht der senkrecht sich darüber befindlichen flüssigen Säule. Evident ist, daß ein Theil der Flüssigkeit von der aufliegenden Säule einen Druck nach unten empfängt, aber nach der erörterten Eigenschaft theilt er diesen nach jeder Richtung rings umher mit, nach unten, zur Seite, schräg u. s. w. Nun ist es klar, daß er in allen diesen Richtungen einem gleichen Drucke begegnen muß; thäte er's nicht, so würde der Druck sich in der Richtung fortbewegen, in welcher er keinen Widerstand findet; aber da eine solche Bewegung nicht stattfindet und die Theile der Flüssigkeit in Ruhe bleiben, so folgt, daß sie an ihren Stellen durch Kräfte gehalten werden, welche auf sie an jeder Seite und von jeder Richtung her gleichmäßig drücken und von denen jede gleich ist dem Gewichte der senkrechten flüssigen Säule über dem auf diese Weise gedrückten Theile.

§. 17.

Diese Eigenschaft läßt sich leicht auf einen Experimentalbeweis reduciren. **A B**, Fig. 10., sei ein starker Metallcylinder, der bei **B** einen metallenen Boden hat, bei **A** dagegen offen ist. In diesem bringe man eine Spiralfeder an, die eine runde Platte **C** trägt, welche sich wasserdicht in dem Cylinder bewegt, so daß eine auf

die Platte C gerichtete Kraft die Elasticität der Feder übertrifft und bewirkt, daß die Platte sich in den Cylinder nach B hinabbewegt. Je tiefer die Platte in den Cylinder hineintritt, desto stärker wird die elastische Kraft der Springfeder werden und desto größer muß die Kraft sein, welche ihr Zurückspringen verhindern soll. Der Betrag der zum Herabdrücken der Platte zu einer bestimmten Tiefe in dem Cylinder nöthigen Kraft, läßt sich durch Versuche bestimmen, und es ist nicht schwierig, eine Art Register in dem Cylinder anzubringen, bis zu welcher Tiefe die Platte in dem Cylinder hinabgedrückt sei, wenn die Gegenwart eines Beobachters nicht möglich ist. Wird solch ein Instrument in eine Flüssigkeit bis zu einer gewissen Tiefe getaucht, so wird der von der Flüssigkeit ausgeübte Druck die Platte hinabtreiben, und betrachtet man das Instrument, nachdem es herausgezogen ist, so erkennt man die Stärke des Drucks aus dem Raume, welchen die Platte in dem Cylinder durchlaufen hat. Wird das Instrument successiv in eine Tiefe von 1, 2 und 3 Ellen getaucht, so findet man, daß der verschiedene Druck, welcher auf die Feder gewirkt hat, im Verhältniß der Zahlen 1, 2, 3 steht und gleich ist dem Gewicht von Wasser-Säulen, deren Höhen verhältnißmäßig mit der Tiefe des Eintauchens und deren Basen mit der beweglichen Platte gleich sind. Das Factum also, daß der Druck in Proportion zu der Tiefe und gleichfalls zu dem Gewichte der Drucksäule steht, ist also damit dargethan.

Daß dieser Druck gleichmäßig nach jeder möglichen Richtung hin stattfinde, sieht man daraus, wenn man das Instrument, in derselben Tiefe, in verschiedene Lagen bringt. Wird es zuerst mit dem Ende A aufwärts eingetaucht, und betrachtet man die Distanz, durch welche die Platte getrieben ist, und wird es dann in dieselbe Tiefe mit dem Ende A abwärts, seitwärts u. s. w. getaucht, so ist die Distanz, welche die Platte herabgedrückt ist, stets dieselbe, woraus zu ersehen, daß der Druck in allen Richtungen gleich ist.

§. 18.

Dieses wichtige Gesetz möge durch Experimente auf eine leichtere und kaum minder directe Weise bestätigt werden. Man nehme vier an beiden Enden offene Glasröhren T Fig. 11., und lasse das eine Ende der ersten gerade sein, das der zweiten aufwärts, das der dritten zur Seite und das der vierten in schräger Richtung gehen. An diesem Ende bringe man Hähne an, die man beliebig öffnen und schließen kann. Sind dieselben geschlossen, so tauche man alle Röhren bis zu einerlei Tiefe in ein Wassergefäß. Das Wasser wird dann mit einer gewissen Kraft, deren Größe man bestimmen muß, gegen jeden Hahn drücken. Nehmen wir an, daß der Durchmesser der Röhren gleich sei und bei jeder

Hahn drücken. Nehmen wir an, daß der Durchmesser der Röhren gleich sei und bei jeder einen halben Zoll betrage. Das Wasser wirkt in der Tiefe, in welcher die Röhren sich befinden, gegen eine runde Oberfläche, die bei jedem Hahn $\frac{1}{2}$ Zoll beträgt. Werden die verschiedenen Hähne nun geöffnet, so wird das Wasser durch den Druck in die Röhre getrieben, in der ersten aufwärts, in der zweiten niederwärts, in der dritten zur Seite und in der vierten schräg. Es wird fortfahren, in jede zu fließen, bis das Gewicht der in die Röhren gestiegenen Säulen groß genug ist, dem Drucke an den Enden zu widerstehen. Findet das statt, aber nicht eher, so hört das Wasser auf hineinzufließen. Man wird bemerken, daß in jeder Röhre das Wasser so lange steigt, bis es die Höhe des Wassers in dem Gefäße erreicht hat, wo es dann aufhört. Daraus folgt, daß der Druck der Flüssigkeit am Ende der Röhren gleich ist dem Gewicht einer Wassersäule, welche perpendiculair von ihrem Ende bis zur Oberfläche reicht; und da das Wasser, welche Richtung man auch der Röhre unten geben mag, sich stets zu der Höhe der Flüssigkeit im Gefäße erheben wird, so folgt, daß in derselben Tiefe der Druck in jeder möglichen Richtung der nämliche ist.

Man sieht leicht, wie dieses Experiment generalisirt werden kann. Die Röhren mögen gleich oder ungleich, und von jeder beliebigen Größe sein, das Wasser wird sich in ihnen stets bis zu der Höhe, des Wassers, oder welche Flüssigkeit man sonst nimmt, in dem Gefäße erheben. Die Quantität der Flüssigkeit, deren Gewicht diesen Druck bestimmt, läßt sich stets arithmetisch darthun, indem man die Zahl der Zolle der Tiefe unter der Wasseroberfläche mit der Zahl der Quadratzolle in der Oberfläche multiplicirt, auf welche der Druck ausgeübt wird. Das Product dieser Zahlen ist die Zahl der wirklichen Zolle der Flüssigkeit, deren Gewicht gleich dem Drucke ist. Indeß muß man erwägen, daß bei dieser Calculation angenommen wird, daß die den Druck erleidende Oberfläche horizontal, oder ist sie schräg, ihre Dimensionen im Verhältniß zur Tiefe sehr klein seien.

Das folgende Experiment liefert eine andere Erläuterung der Eigenschaft, durch welche der Druck der Flüssigkeit mit der Tiefe zunimmt: Man befestige eine Blase am Ende einer Glasröhre und fülle sie bis etwas über den Verbindungspunkt mit Quecksilber; ferner mache man, von der Oberfläche des Quecksilbers an, gleiche Abtheilungen. Wird die so gefüllte Blase in ein Gefäß mit Wasser getaucht, so wird der Druck des es umgebenden Wassers das Quecksilber in die Höhe treiben. Man tauche es so tief ein, daß das Quecksilber durch eine Abtheilung der Röhre steigt, und bemerke die Tiefe der Eintauchung; dann tauche man die Röhre noch einmal so tief ein, wo das Quecksilber dann durch die zweite

Abtheilung steigen wird, und so fort. Es erhellt also daraus, daß der Druck auf die Blase mit der Tiefe zunimmt.

§. 19.

Indem wir also schließen, daß jeder Theil einer Flüssigkeit einen durch das Gewicht der darauf liegenden Flüssigkeiten entstehenden Druck erleidet und fortpflanzt, daß dieser Druck stets im Verhältniß zur Tiefe steht und gleichmäßig nach jeder Richtung hin geschieht, so können wir leicht Lehrsätze abstrahiren, rücksichtlich des Drucks auf die Oberfläche von Gefäßen, welche Flüssigkeiten von allgemeinerer Beschaffenheit enthalten, als die, welche zu der vorhergehenden Untersuchung geführt haben.

Wie auch die Gestalt eines Gefäßes, welches eine Flüssigkeit enthält, beschaffen sein möge, jeder □Zoll seiner Oberfläche erleidet einen Druck, der dem Gewicht einer flüssigen Säule gleich ist, deren Basis einen □Zoll mißt, und deren Höhe die Tiefe des Theils der Oberfläche des Gefäßes unter der Oberfläche der Flüssigkeit ist. Dies folgt unmittelbar aus dem eben festgestellten Grundsatze; denn die Flüssigkeit, welche in unmittelbarer Berührung mit irgend einem Theile der Oberfläche des Gefäßes steht, erleidet einen Druck von der erwähnten Stärke in perpendiculairer Richtung zur Oberfläche, und es ist einleuchtend, daß die Oberfläche dem Druck gleich sein und widerstehen muß.

§. 20.

Eine sich noch darbietende Folge der erwähnten Eigenthümlichkeit besteht darin, daß der auf die Oberflächen eines, eine Flüssigkeit enthaltenden Gefäßes hervorgebrachte Druck nie geringer als das Gewicht der Flüssigkeit sein kann, dieses dagegen oft übersteigen wird. Da jedoch die allgemeinen Methoden, den Druck auf Oberflächen zu bezeichnen, eine deutliche Erklärung nicht zulassen, so wollen wir versuchen, diesen Grundsatz durch Anwendung auf solche besondere Fälle zu erläutern, wodurch er ohne mathematische Zeichen deutlich werden wird.

§. 21.

Ist die Oberfläche, welche den Druck erleidet, horizontal, so wird jeder Theil derselben in gleicher Tiefe auch gleichen Druck erleiden. In diesem Falle ist es daher einleuchtend, daß der Totaldruck, welchen die Oberfläche erleidet, das Gewicht der gesammten Flüssigkeit ist, welche sich perpendiculair darüber befindet, oder, was das Nämliche, das Gewicht einer flüssigen Säule, deren Basis gleich der Oberfläche, und deren Höhe gleich der Tiefe ist.

§. 22.

Ist die Oberfläche, welche den Druck erleidet, nicht horizontal, so werden ihre verschiedenen Theile in verschiedener Tiefe sich befinden und deßhalb auch einen verschiedenen Druck erleiden.

Könnte ein Punkt gefunden werden, dessen Tiefe eine verhältnißmäßige Vertheilung aller dieser verschiedenen Tiefen wäre, so würde dann der Totaldruck derselbe sein, als wäre die ganze Oberfläche gleichmäßig dem von diesem Punkte erlittenen Drucke unterworfen, und der Totalbetrag des Drucks würde gleich sein dem Gewicht einer Wassersäule, deren Basis der gedrückten Oberfläche und deren Höhe der Tiefe dieses Punktes gleich ist. Durch einzelne Beispiele wird dies vielleicht deutlicher werden.

A B C D, Fig. 12., sei ein Gefäß mit flachem viereckigen Boden und senkrechten Seiten; die Seite **A B** sei ferner in zehn gleiche Theile getheilt, die durch Zahlen von 1 bis 10 bezeichnet werden. Der Druck auf den Punkt 1 soll ein Pfund betragen. Da der Punkt 2 zweimal so tief ist, erleidet er einen Druck von 2 Pfund, u. s. w., so daß der tiefste Punkt einen Druck von 10 Pfd. erleidet. Da indeß der Gehalt des Drucks von **A** zu **B** gleichmäßig zunimmt, so liegt der Vermittlungspunkt des Druckes in der Mitte von **A B**. Dies ist der mit 5 bezeichnete Punkt. Nehmen wir an, daß die ganze Fläche **A B** denselben Druck erleidet, wie der Punkt 5, so wird auch der Totaldruck derselbe sein. Eine oberflächliche Betrachtung wird dies deutlich machen. Der Punkt 6 erleidet einen Druck von 6, der Punkt 4 von 4 Pfund, welches einen Totalbetrag von 10 Pfd. giebt. Erhalten diese beiden Punkte jeder einen Druck von 5 Pfd., welches der mittlere Druck ist, so würde die Summe stets dieselbe, nämlich 10 Pfd. bleiben. Eben so Punkt 7 und Punkt 3, und gleicher Weise mit allen Punkten über und unter 5. Der Druck auf jeden Punkt unter 5 übersteigt diesen um eben so viel, als dem gleich weit abstehenden Punkte über 5 fehlt, so daß sich beides in jedem Falle hebt und ausgleicht.

Aus dem eben Festgesetzten erhellt, daß der Totaldruck auf die senkrechte Seite eines mit Wasser gefüllten Gefäßes derselbe ist, als würde die Seite in einen horizontalen Boden verwandelt und die Hälfte der Flüssigkeit weggenommen.

Es ist also klar, daß der Druck auf die senkrechte Seite ganz unabhängig von der Quantität des in dem Gefäße enthaltenen Wassers ist. Die senkrechten Seiten eines mit Wasser gefüllten Troges werden denselben Druck erleiden, mag der Trog eng oder weit sein. Sind die Seiten durch einen Raum von nur $\frac{1}{4}$ Zoll getrennt und der Trog enthält nur ein Quart Wasser, so wird der Druck auf die Seiten derselbe sein, als wären dieselben mehre Ellen weit aus einander und der Trog enthielte mehre Tonnen Wasser.

§. 23.

Sind die Seiten des Gefäßes senkrecht, der Boden dagegen horizontal und flach, so kann man den Druck auf die Seiten eben

so berechnen wie oben, wie auch die Gestalt des Bodens sein möge. Der Gleichpunkt des Drucks liegt in diesem Falle stets in der halben Tiefe unter der Oberfläche der Flüssigkeit, und der Totaldruck ist derselbe, als wäre der Gleichpunkt über die ganze Oberfläche der mit der Flüssigkeit in Berührung stehenden Seiten verbreitet. Ist so das Gefäß cylinderisch, und beträgt der Umfang seiner Basis zehn Fuß, die Tiefe der Flüssigkeit in dem Gefäße 8 Fuß, so beträgt die ganze Fläche der mit der Flüssigkeit in Berührung stehenden Seiten 80 □Fuß. Der mittlere Druck liegt 4 Fuß tief, ist also dem Gewicht von 4 Fuß der Flüssigkeit gleich. Von den 80 □Fuß sind 40 einem geringern Druck, als der mittlere ist, unterworfen, die andern 40 dagegen einem größern; diese Differenzen heben sich gegenseitig auf, und der Totaldruck ist derselbe, als wäre der mittlere Druck über die ganzen 80 Fuß verbreitet. Der ganze Druck auf die Seiten ist folglich derselbe, welcher auf dem Boden eines 80 Fuß großen Gefäßes hervorgebracht würde, das senkrechte Seiten hat und vier Fuß hoch Flüssigkeit enthält. Dieser Druck würde dann das ganze Gewicht der Flüssigkeit in dem Gefäße sein, dessen Quantität in Fußen man fände, wenn man den Boden mit der Tiefe multiplicirte, d. h. $80 \times 4 = 320$ □Fuß.

§. 24.

Die von diesem Beispiele, den Druck auf die Seiten zu berechnen, abgeleitete Regel läßt sich im Allgemeinen auf alle Fälle anwenden, wo das Gefäß einen flachen horizontalen Boden und senkrechte Seiten hat. Man suche die Zahl der □Fuße der Seiten unter der Oberfläche der Flüssigkeit, multiplicire sie mit der Zahl der Fuße der halben Tiefe der Flüssigkeit; so wird das Produkt die Zahl der wirklichen Fuße der Flüssigkeit ausdrücken, deren Gewicht dem Druck auf die Seiten gleich ist. Die Zahl der □Fuß der Seiten findet man, wenn man die Zahl der Fuße im Umfang des Bodens mit der Fußzahl der Tiefe der Flüssigkeit multiplicirt.

Aus dieser Regel entspringen einige bemerkenswerthe Folgen. Der Druck gegen die Seiten kann das Gewicht der den Druck ausübenden Flüssigkeit übersteigen. Ist die Seitenfläche doppelt so groß, als der Boden des Gefäßes, so wird der Druck auf die Seiten dem auf dem Boden gleich sein und deßhalb auch dem ganzen Gewicht der Flüssigkeit. Ist dagegen die Seitenfläche doppelt so groß als der Boden, so wird der Totaldruck auf die Seiten mehr als das ganze Gewicht der Flüssigkeit betragen. Ist daher die Seitenfläche zehnmal so groß, als zweimal der Boden des Gefäßes, so wird der Druck auf die Seiten zehnmal so groß sein, als das Gewicht der in dem Gefäß enthaltenen Flüssigkeit, und so in allen Proportionen. Daraus erhellt, daß in langen,

engen Gefäßen der Druck auf die Seiten den nach unten, welcher dem Gewicht gleich ist, übersteigt.

§. 25.

Das mit der Tiefe im Verhältniß stehende Zunehmen des Drucks liefert ein Mittel, die correspondirende Veränderung in der Stärke der verschiedenen Theile von Dämmen, Schleusen und andern dem Wasser entgegengestellten Hindernissen zu beobachten. Der Druck nahe an der Oberfläche ist unbedeutend und deßhalb hier eine geringe Kraft schon hinreichend. Aber mit der Tiefe steigt auch in demselben Verhältniß der Druck. Hängt daher, wie z. B. bei Dämmen, die Stärke von der Dicke ab, so muß letztere von der Spitze nach dem Boden hin zunehmen, so daß, während die innere, dem Wasser zugekehrte Fläche senkrecht ist, die äußere sich abschrägt, wodurch der Damm nach dem Boden zu dicker wird, wie Fig. 13. zeigt.

§. 26.

Ist die Seite des Gefäßes gerade, aber nicht senkrecht, so wird der Druck auf dieselbe nach denselben Grundsätzen und beinahe auf dieselbe Weise bestimmt. Der Druck steht stets mit der Tiefe im Verhältniß, und der Punkt des mittlern Drucks befindet sich an der Seite in der Hälfte der ganzen Tiefe der Flüssigkeit. Wird, wie oben, die Seite in zehn gleiche Theile getheilt, so ist dasselbe Verfahren anwendbar; denn obgleich die Tiefen der verschiedenen Theilungspunkte die Seite hinab nicht länger gemessen werden, so stehen sie doch zu den Distanzen der verschiedenen Theilungspunkte von dem Punkte der Seite des Gefäßes, welcher die Oberfläche des Wassers bezeichnet, im Verhältniß. In diesem, wie in dem früheren Falle liegt daher der mittlere Druck in dem mit 5 in Fig. 14. bezeichneten Punkte, und man erhält den ganzen Druck auf die Seite, wenn man die Zahl der □Fuß der Seiten des Gefäßes mit der Zahl der Fuß der halben Tiefe der Flüssigkeit multiplicirt; das Produkt drückt die Zahl der eigentlichen Fuße der Flüssigkeit aus, deren Gewicht dem Totaldruck gleich ist.

Darnach kann man den Druck auf schräge Dämme und Seiten an Gefäßen berechnen.

In Fig. 14. sind die Seiten als nach oben hin divergirend dargestellt, und es ist leicht begreiflich, daß jeder Punkt der Seite einen Druck aushält, welcher dem Gewicht der senkrecht darüber befindlichen Wassersäule gleich ist; dasselbe findet statt, wenn die Seiten nach oben convergiren, wie in Fig. 15. Obgleich kein Punkt der Seitenfläche eine Wassersäule senkrecht über sich hat, so wird doch immer in einer nach der Seite hin senkrechten Richtung von der Flüssigkeit gedrückt, und zwar mit derselben Kraft, als befände sich die Säule über ihm. Die Ursache liegt in Fol-

gendem: P sei ein Theil der Flüssigkeit in derselben Tiefe unter der Oberfläche, wie der mit 5 an der Seite des Gefäßes bezeichnete Punkt; dieser Theil wird offenbar durch das Gewicht der darauf liegenden Säule P A nach unten gedrückt. Aber nach dem bereits Bewiesenen, erleidet er denselben Druck in jeder möglichen Richtung, was auch von jedem andern Punkte der Seite gilt.

Aus dem bisher Festgesetzten folgt, daß, wenn die Seiten des Gefäßes, Fig. 14. und 15., sich auf gleiche Weise neigen, doch in entgegengesetzter Richtung vom Boden, ferner die Gefäße gleich hoch gefüllt sind, und die Größe der mit dem Wasser in Berührung stehenden Seitenflächen gleich ist, der ganze Druck auf die Seiten derselbe sein wird, obgleich die Quantität des Wassers in beiden verschieden ist.

§. 27.

Der Druck auf den Boden des Gefäßes hängt in allen diesen Fällen allein von der Größe des Bodens und der Tiefe des Wassers ab, unabhängig von der Gestalt der Seiten der ganzen Quantität des Wassers in dem Gefäße. So wird in drei Gefäßen von der Form wie Fig. 12., 14. und 15, haben die Boden nur dieselbe Größe und die darin enthaltene Flüssigkeit dieselbe Tiefe, der Druck auf die Boden derselbe sein; denn jeder Punkt des Bodens steht unter dem Druck der unmittelbar über ihm befindlichen Wassersäule, wie in Fig. 12. und 14., und wie bereits §. 26. dargethan, auch in Fig. 15.

Man kann also im Allgemeinen annehmen, daß der Druck auf einen flachen horizontalen Boden gefunden wird, wenn man die Zahl der □Fuß des Bodens mit der Zahl der Fuße der Tiefe der Flüssigkeit multiplicirt; das Produkt giebt die Zahl der wirklichen Fuße, deren Gewicht dem Druck auf den Boden gleich ist. In einem wie Fig. 14. gestalteten Gefäße ist der Druck auf den Boden geringer als das ganze Gewicht der Flüssigkeit, in einem, wie Fig. 15., größer, in einem, wie Fig. 12., demselben gleich.

Diese Resultate lassen sich durch Versuche darthun, indem man drei Gefäße von erwähnter Form nimmt, mit beweglichen ebenen Boden, welche wasserdicht sind. Der Boden werde gegen jedes Gefäß mit gleicher Kraft gedrückt, welches vermittelst eines Hebels geschehen kann, dessen einer Arm durch ein an dem andern aufgehangenes Gewicht aufwärts gegen den Boden gedrückt wird. Nun gieße man Wasser in jedes Gefäß, bis der Boden durch den Druck desselben losläßt, und man wird finden, daß die zur Hervorbringung dieser Wirkung erforderliche Wassermasse in allen drei Gefäßen dieselbe ist.

Es giebt noch eine andere Methode, diese Lehrsätze durch Experimente zu beweisen, welche weniger praktische Schwierigkeiten darbietet, als die eben erwähnte. Man lasse den beweglichen Bo-

den durch eine Schnur gegen jedes Gefäß gepreßt werden, und stelle das Gefäß in einen Wasserbehälter, wie Fig. 16., so tief, daß der Druck des Wassers nach oben stark genug ist, den Boden am Gefäß fest zu halten. Dann mache man die Schnur los und gieße Wasser in das Gefäß, bis der Druck desselben den Boden zurückdrängt; dann beobachte man die Tiefe des Wassers, welche erforderlich ist, diese Wirkung hervorzubringen. Hält man nun alle drei Gefäße auf gleiche Weise und gleich tief in den Wasserbehälter, wie Fig. 16., 17. und 18. zeigt, so ergiebt sich, daß die zum Zurückdrängen des Bodens nöthige Tiefe des Wassers dieselbe sein wird.

Folgendes Experiment liefert einen sehr schlagenden Beweis dieses Grundsatzes:

In ein cylindrisches Gefäß **A B**, Fig. 19., ist bei **a** wasserdicht eine Glasröhre eingesetzt und dasselbe mit einem beweglichen Boden versehen, der indeß ebenfalls wasserdicht anschließt. Dieser Boden wird durch einen Draht gehalten, der durch die Röhre gehend an dem Arm eines Wagebalkens befestigt ist und dem von einem in der am andern Arm hängenden Schale befindlichen Gewicht das Gegengewicht gehalten wird. Das Gefäß **A B** sei bis **a** mit Wasser gefüllt und die Röhre in Theile **b, c, d, e** getheilt, von denen jeder der Tiefe des Gefäßes **A B** gleich ist. Dann stelle man ein Gewicht in die Schale, welches schwer genug ist, den Boden des Gefäßes **A B** an seiner Stelle zu erhalten. Dieses Gewicht wird dann dem Gewicht des in dem Gefäße **A B** enthaltenen Wassers gleich sein; es ist also klar, daß dieses Wasser den Boden mit einer seinem Gewichte gleichen Kraft niederdrückt. Gießt man nun Wasser in die Röhre, bis es bis zu **b** steigt, so wird in der Schale **D** um eben so viel Gewicht mehr nöthig sein, den Boden an seiner Stelle zu erhalten, als nöthig war, denselben zu halten, so lange das Wasser bis **a** reichte; so daß also die Säule **a b** eben so viel Druck auf den Boden hervorbringt, als sämmtliches Wasser **A B**. Wird die Röhre bis **c** gefüllt, so nimmt der Druck abermals um so viel zu, als das Wasser in **A B** beträgt; man muß also zu dem Gegengewicht eben so viel hinzufügen, um den Boden des Gefäßes an seiner Stelle zu halten. Eben so wird jede der Tiefe von **A B** gleiche Vermehrung in der Röhre eine Zunahme des Drucks erzeugen, und durch die Nothwendigkeit sichtbar werden, auch dem Gegengewicht eine verhältnißmäßige Verstärkung zu geben.

In diesem Falle muß die Büchse **A B** und die Röhre in ihrer Stellung unabhängig von dem Boden des Gefäßes befestigt werden. Die Kraft, welche den Boden hält, wird ein Streben besitzen, das Gefäß **A B** aufwärts zu pressen, bis zum Betrage des ganzen Gewichts in der Schale, welches das Gewicht des Bodens

überschreitet, zusammen mit dem Gewicht des Wassers in dem Gefäß und in der Röhre. In der That dient jeder Theil des Gewichts in der Schale, welche nicht nöthig ist, den Boden und das Wasser darüber zu tragen, dazu einen Druck nach dem obern Ende des Gefäßes A B hervorzubringen, dem zu widerstehen dasselbe stark genug befestigt sein muß.

§. 28.

Wir haben bisher die Seiten des Gefäßes als gerade und regelmäßig angenommen; doch wenn sie das auch nicht sind, findet der Druck auf den Boden nach denselben Regeln statt. In den aus diesem Princip gezogenen Folgerungen erscheint das hydrostatische Paradoxon unter einigen sonderbaren Formen.

A B C D, Fig. 20., sei ein viereckiges verschlossenes Gefäß, mit einem kleinen Loche O, oben, in welches eine enge Röhre, T O, wasserdicht eingeschroben ist. Das Gefäß A B C D und die Röhre bis zu T, seien mit Wasser gefüllt. Dem eben festgestelltem Princip gemäß wird der Druck auf den Boden C D, mit der Tiefe T M, im Verhältniß stehen, oder dem Gewicht des Wassers gleich sein, welches ein Gefäß von der Größe E D C F füllen würde; dies ist der Fall, wie weit auch das Gefäß A B C D und wie eng die Röhre T O sein mag; und daher ist eine unendlich kleine Quantität Wasser im Stande, einen Druck auf den Boden eines Gefäßes hervorzubringen, der dem Gewicht irgend einer, selbst großen Quantität Wasser gleich ist.

Da der Druck nur von der Tiefe abhängt, von der Form des Gefäßes aber unabhängig ist, so ist es nicht nöthig, daß die Röhre T O gerade sei, sondern sie kann nach jeder Richtung hin gebogen sein. Wie aber auch ihre Form sein mag, die Tiefe der Flüssigkeit muß stets nach dem senkrechten Abstande ihrer Oberfläche von dem Boden des Gefäßes berechnet werden.

§. 29.

In den bisher gegebenen Beispielen waren die Seiten und Boden der Gefäße ebene Flächen oder hatten eine senkrechte oder horizontale Lage. Indeß können sie von jeder beliebigen Form sein, und es muß allgemeine Regeln geben, welche auf jeden Fall anwendbar sind. Die verschiedenen Theile jeder Oberfläche von irgend einer Form, sind einem Druck ausgesetzt, der von ihrer Tiefe unter der Oberfläche der Flüssigkeit abhängt, da alle Punkte in derselben Tiefe auch denselben Druck erleiden. Es giebt einen gewissen Druck, dem alle Puukte der Oberfläche unterworfen sind; und zwar muß er der Art sein, daß, erstreckt er sich über die ganze Oberfläche, der Totalbetrag des Drucks auf die Oberfläche nicht verändert wird. Kann daher dieser mittlere Druck gefunden, und die Größe der mit der Flüssigkeit in Berührung stehenden Fläche vermittelt werden, so kann man auch den Totaldruck berechnen.

Man nehme z. B. an, der Druck auf jeden □Zoll betrage 15 Pfd., und die Größe der mit der Flüssigkeit in Berührung stehenden Fläche sei 100 □Zoll, so wird der Totaldruck 1500 Pfund betragen.

Die Bestimmung des Totaldrucks hängt also von dem Proportionaldruck ab. Wird daher bei einer Tiefe von einem Fuß ein Druck von 1 Pfd. hervorgebracht, so geben 2 Fuß den Druck von 2 Pfd. u. s. f., so daß die Zahl der Fuße der Tiefe stets die Zahl von den Pfunden des Drucks ausspricht. Hieraus wird deutlich, daß Druck und Tiefe im Verhältniß stehen.

§. 30.

Um daher den Totaldruck auf eine Fläche zu bestimmen, bestimme man die Lage des Schwerpunkts der Fläche nach den Regeln der Mechanik und suche ihre Tiefe unter der Oberfläche des Wassers. Dann multiplicire man die Zahl der Fuße der Tiefe mit der Zahl der □Fuß der von dem Wasser bedeckten Fläche des Gefäßes; das Product giebt die Zahl der wirklichen Fuße der Flüssigkeit, deren Gewicht dem Totaldruck gleich ist.

Die regulairen Flächen ausgenommen, ist die Bestimmung des Schwerpunkts ein Problem, welches nicht ohne Hülfe mathematischer Formeln von beträchtlicher Schwierigkeit gelöst werden kann. Wir wollen indeß den eben ausgesprochenen Lehrsatz durch einige Beispiele erläutern, welche jedem Leser deutlich sein werden.

Man fülle eine hohle Kugel durch ein kleines Loch in der Spitze mit Wasser. Der Schwerpunkt der Fläche der Kugel liegt offenbar, die Tiefe dieses Punkts ist also der halbe Diameter der Kugel. Man findet daher den Totaldruck, indem man die Zahl der Fuße des halben Diameters der Kugel mit der Zahl der □F. der Fläche multiplicirt. Nach den Grundsätzen der Geometrie ist es bewiesen, daß der wirkliche Gehalt einer Kugel ermittelt wird, wenn man die Zahl der Fuße des halben Diameters mit dem dritten Theile der □Fuße der Kugelfläche multiplicirt. Daraus folgt, daß der Druck auf die Fläche der Kugel dreimal das Gewicht ihres Gehaltes ausmacht.

Wird ein kubisches Gefäß, — d. h. ein solches, dessen Boden und Seiten, von denen jede dem Boden gleich ist, Quadrate bilden — mit Wasser gefüllt, so befindet sich der Schwerpunkt jeder der vier senkrechten Seiten in der halben Tiefe der Flüssigkeit unter der Oberfläche; daher findet man den Druck auf jede Seite, wenn man die Zahl der Fuße der halben Tiefe mit der Zahl der □Fuße jeder Seite multiplicirt. Daraus folgt, daß der Druck auf jede der vier Seiten dem halben Gewicht der Flüssigkeit gleich ist. Der Druck auf alle vier Seiten ist deßhalb zweimal das Gewicht der Flüssigkeit. Der Druck auf den Boden ist, wie bereits gezeigt worden, dem ganzen Gewicht der Flüssigkeit gleich, woraus

sich ergiebt, daß der Totaldruck auf die ganze Fläche, sowohl Seiten als Boden des Gefäßes, dem dreifachen Gewicht der darin enthaltenen Flüssigkeit gleich ist.

So erhellt denn, daß eine Kugel und eine Röhre, welche gleichviel Wasser enthalten, einen gleichen Druck erleiden, der dem dreifachen Gewicht der darin enthaltenen Flüssigkeit gleich ist.

§. 31.

Wird ein Körper in die Flüssigkeit getaucht, so wird der Druck, welchen seine Fläche von dem ihn umgebenden Wasser erleidet, nach denselben Regeln bestimmt, und derselben Methode gemäß, deren wir uns eben bedienten. Wird also eine Kugel ins Wasser geworfen, so findet man den Totaldruck auf ihre Oberfläche, wenn man die Zahl der Fuße der Tiefe ihres Mittelpunktes unter der Oberfläche der Flüssigkeit mit der Zahl der □Fuße ihrer äußern Oberfläche multiplicirt.

§. 32.

Die beiden hydrostatischen Lehrsätze, welche wir in diesem und dem vorhergehenden Capitel zu erläutern suchten, nämlich: 1) daß Flüssigkeiten den Druck gleichmäßig nach allen Richtungen hin ausüben, und 2) daß der durch das Gewicht der Flüssigkeit hervorgebrachte Druck zur Tiefe derselben im Verhältniß steht, — werden dazu dienen, viele gewöhnliche und merkwürdige Erscheinungen zu erklären.

Wird eine leere, oder richtiger eine nur mit Luft gefüllte Flasche fest verkorkt, und durch daran gehängte Gewichte zu einer beträchtlichen Tiefe in die See geworfen, so wird der Druck des sie umgebenden Wassers entweder die Flasche zerbrechen, oder den Kork durch den Hals in sie hineintreiben. Zieht man die Flasche auf, so wird man den Kork darin, und sie selbst mit Wasser gefüllt finden.

Hat die Flasche flache Seiten und einen viereckigen Boden, so wird sie durch den Druck zerbrochen, weil diese Form der Gewalt nicht widersteht; ist sie dagegen rund, so widersteht sie der Gewalt besser, und der Kork wird hineingetrieben.

Ein Experiment der eben beschriebenen Art machte Hr. Campbell, Verfasser der »Reisen im Süden von Afrika.« Auf seiner Reise vom Cap der guten Hoffnung nach England trieb er einen Kork in den Hals einer Flasche, so daß er recht fest schloß, aber die Hälfte desselben über dem Halse blieb; dann band er eine Schnur an den Kork, befestigte sie an dem Halse der Flasche und überzog das ganze mit Pech. Nachdem ein Gewicht daran gehängt war, wurde sie an einer Sondierlinie langsam in die See hinabgelassen. Sobald sie die Tiefe von etwa 50 Faden erreichte, bemerkte man plötzlich eine Zunahme des Gewichts, und als man

sie aufzog, fand man den Kork inwendig und die Flasche mit Wasser gefüllt, so daß also der Druck von 50 Faden Wasser den Kork hineingetrieben und die Flasche gefüllt hatte.

Ein andere Flasche war ähnlich verkorkt, aber über dem Rande des Halses eine Nadel so durch den Kork gesteckt, daß sie dem Hineingetriebenwerden desselben widerstand. So vorbereitet wurde die Flasche 50 Faden hinabgelassen, und man fühlte dieselbe plötzliche Gewichtvermehrung. Als man sie aufzog, war sie mit Wasser gefüllt, aber der Kork noch an seiner Stelle. Hr. Campbell erklärt diese Wirkung daher, daß das Wasser von dem Drucke durch die Glasporen getrieben sei. Indeß ist es wahrscheinlicher, daß das Wasser durch den lockern Kork eingedrungen sei. Der Umstand, daß der Kork und das ihn umgebende Pech nicht verletzt war, erklärt sich dadurch, daß der Druck von allen Richtungen her gleichmäßig war.

Die Gleichheit des Drucks, den eine Flüssigkeit nach allen Richtungen hin ausübt, wird durch das Factum bestätigt, daß eine weiche Substanz, wie tief sie auch eingetaucht werde, in ihrer Gestalt nicht verändert wird: eine Wirkung, welche nur durch einen vollkommen gleichen Druck von allen Seiten hervorgebracht werden kann; denn würde ein Theil stärker gedrückt, so wird er eingedrückt oder zerbrochen werden. Ein Stück weiches Wachs erleidet, falls es inwendig nicht hohl ist, keine Veränderung.

Wird ein Stück Holz zu einer bedeutenden Tiefe in die See hinabgetrieben, so ist der Druck des Wassers ringsum so stark, daß ein Theil des Wassers in die Poren getrieben wird. Ein Taucher kann sich ohne Nachtheil bis zu einer gewissen Tiefe der See hinablassen; aber es giebt eine Grenze, jenseit welcher er den Druck nicht mehr ertragen, und nicht am Leben bleiben kann. Aus demselben Grunde ist es auch wahrscheinlich, daß es eine Tiefe giebt, in welcher selbst Fische nicht mehr existiren können.

§. 33.

Flüssigkeiten im Allgemeinen werden in der Hydrostatik als incompressible Körper betrachtet, d. h. als Körper, welche, dem Drucke ausgesetzt, keine Verkleinerung ihrer Dimensionen erleiden; und das ist, einige Fälle ausgenommen, ganz richtig. Man hatte längst bemerkt, daß keine Kraft im Stande sei, eine Flüssigkeit zu comprimiren. Aber mehre 1761 durch Canton angestellte Versuche beweisen, daß sie bei einem sehr starken Druck eine kleine Veränderung erleiden; eben so zeigte sich auch, daß sie, sobald der Druck nachließ, ihre frühere Form wieder annahmen. Dadurch war also dargethan, daß Flüssigkeiten nicht nur in einem, wenn auch geringeren, Grade compressibel, sondern auch elastisch seien.

Der Druck von Flüssigkeiten in großer Tiefe unter der Oberfläche bietet eine leichte Methode, diese Resultate durch Experimente

zu bestätigen. A B, Fig. 21 sei ein cylindrisches Gefäß, welches oben eine runde Oeffnung C hat, durch welche wasserdicht ein Ventil P M, geht. Dieses Gefäß sei ganz mit Wasser gefüllt, doch so, daß das Ventil P M sich darin befindet. Um das Ventil lege man einen Ring, doch so, daß die Friction stark genug ist, ihn am Niederfallen zu hindern; er werde bis zur Mündung C niedergeschoben. Das Gefäß werde nun bis zu einer beträchtlichen Tiefe in die See hinab gelassen. Zieht man es auf, so hat der Druck des Wassers das Ventil tiefer in das Gefäß hineingetrieben, so daß das Wasser darin in kleinern Dimensionen zusammen gedrückt ist. Dies wird durch die Lage des Ringes dargethan; denn er wird sich nicht mehr auf der Mündung, sondern etwas darüber befinden. Wird das Ventil zurückgezogen, so nimmt das Wasser seine vorige Dimension wieder an.

Dies ist der praktischste Beweis von der Compressibilität des Wassers. Zugleich bestätigt es auch die Elasticität dieser Flüssigkeit; denn wäre es nur compressibel, ohne elastisch zu sein, so würde das hineingepreßte Ventil auch noch darin bleiben, nachdem das Gefäß aus dem Wasser wieder aufgezogen ist.

Der Grad der von einer gegebenen Kraft hervorgebrachten Compression wird gefunden, wenn man den Totalgehalt des Gefäßes berechnet; die Größe einer gegebenen Länge, z. B. ein Zoll des Ventils; die Tiefe im Gefäß, zu welcher das Ventil hinabgedrückt, und die Tiefe in der See, bis zu welcher das Gefäß hinabgelassen. Bei einer Tiefe von 1000 Faden hat man gefunden, daß die in dem Gefäße enthaltene Wassermasse um $\frac{1}{20}$ ihrer ursprünglichen Dimension verringert war, so daß also 20 Zoll Wasser durch den Druck von 1000 Faden Seewasser auf 19 Zoll reducirt werden.

§. 34.

Steht ein Felsenriß mit einer Höhle von beträchtlicher Größe in Verbindung, die sich etwas unter dem Riß befindet, so wird, wenn es regnet und die Höhle gefüllt wird, das darin gesammelte Wasser den Felsen sprengen. Der auf die Fläche der Höhle wirkende, den Felsen zu sprengen strebende Druck wird in diesem Falle mit der Tiefe der Höhle unter dem Risse im Verhältniß stehen. Jede 28 Zoll Tiefe werden einen Druck von etwa 1 Pfund auf jeden □Zoll der Fläche der Höhle hervorbringen.

§. 35.

Bei Anlegung von Wasserleitungsröhren ist es erforderlich, daß die Theile, welche tief unter dem Behälter liegen, größere Stärke haben. Es wirkt stets ein sie zu sprengen strebender Druck darauf, den man auf die angegebene Weise berechnen kann.

Eine Röhre, deren Diameter 4 Zoll ist, hat einen innern Umfang von etwa 1 Fuß, und die innere Fläche eines Fußes solch

einer Röhre wird 1 □Fuß oder 144 □Zoll betragen. Läge solche Röhre 140 Fuß unter dem Niveau des Behälters, so würde sie einen Druck aushalten, der sich auf ungefähr 60 Pfund auf jeden □Zoll ihrer Fläche beliefe, denn 28 Zoll sind 60 mal in 140 Fuß enthalten; und daher wird ein 1 Fuß langes Stück der Röhre diesen Druck 144 mal aushalten; also einen Druck von 8640 Pfd. Dieser Druck übersteigt beträchtlich Alles, was durch den stärksten Druck der Dampfmaschine hervorgebracht wird.

Viertes Capitel.

Flüssigkeiten behalten stets ihr Niveau.

Experimental-Beweise. — Gefäß mit einer Communicationsröhre. — Verschiedene Gefäße, zwischen welchen eine freie Communication stattfindet. — Ein durch diesen Grundsatz erklärtes hydrostatisches Paradoxon. — Oberfläche einer Flüssigkeit. — Warum diese Beschaffenheit festen Körpern nicht eigen ist. — Oberfläche des Landes. — Oberfläche der See. — Seltsame optische Täuschung der Wellen. — Ähnliche Eigenschaft an Drehschrauben. — Fontainen. — Erscheinungen von Flüssen, Quellen, Wasserfällen, erklärt. — Canäle, Schleusen. — Methode, Städte mit Wasser zu versorgen. — Begriff des Wortes Niveau. — Gemeinschaftliche Oberfläche zweier Flüssigkeiten in demselben Gefäße. — Nivellir-Instrumente.

§. 36.

Aus den beiden in den letzten zwei Capiteln erklärten Eigenthümlichkeiten der Flüssigkeiten läßt sich eine dritte nicht minder wichtige ableiten. Steht der von dem Gewicht der Flüssigkeit hervorgebrachte Druck mit der Tiefe im Verhältniß, und geht der Druck gleichmäßig nach jeder möglichen Richtung, so folgt, daß die Oberfläche aller Theile einer in einem, oder in mehren durch Röhren in freier Communication stehenden Gefäßen dasselbe Niveau haben müssen; und daß, wenn irgend eine äußere Ursache dieses Niveau stört, die Flüssigkeit durch ihre Schwere dahin zurückkehren wird, indem die höhern Theile fallen, und die tiefern Theile steigen, bis die Gleichheit wieder hergestellt ist.

A B und **A′ B′**, Fig. 22., seien zwei senkrechte Glasröhren, die durch eine dritte, horizontal liegende Röhre **B B′** verbunden sind. Dann gieße man eine Flüssigkeit in die Röhre **A**, bis **B B′** gefüllt ist. Es ist nämlich angenommen, daß das untere Ende der Röhre **A′ B′** in **B′** durch einen Hahn verschlossen ist. Da die Röhre **B B′** horizontal ist, so hat das darin befindliche Wasser kein Bestreben, sich nach irgend einem Ende zu bewegen, weß-

halb der Hahn B′ keinen Druck davon erleidet. Dann gieße man abermals Wasser in A, bis die Röhre bis A gefüllt ist. Die Oberfläche der Flüssigkeit in der horizontalen Röhre in B wird nun durch das Gewicht der Säule B C gedrückt, so daß dieser Druck offenbar die Flüssigkeit aus der horizontalen Röhre in die senkrechte A′ B′ treiben würde, wäre der Hahn B′ offen. Angenommen also, er bleibt geschlossen, so gieße man eine Quantität Wasser in A′, bis die Säule B′ C′ dieselbe Höhe erreicht, wie die Säule B C; durch das Gewicht der erstern wird der Hahn nieder, durch das der letztern in die Höhe getrieben werden, und zwar mit gleicher Kraft, so daß er also, könnte er sich auch frei bewegen, doch seine Lage nicht ändern würde; wird er also geöffnet und die Säule B′ C′ unmittelbar auf der Oberfläche der Flüssigkeit gelassen, so wird sie nicht verändert werden; denn da die Säulen B C und B′ C′ gleiche Höhe haben, so halten sie einander durch das Medium der Flüssigkeit in der horizontalen Röhre das Gleichgewicht.

Der Hahn B′, Fig. 23., sei wieder geschlossen und die Säule B′ A′ größer als die Säule B A, so daß C′ höher ist als C. Da also der Druck nach unten auf den Hahn größer ist, als der nach oben, so wird, ist der Hahn geöffnet, die Säule B′ C′ fallen und die Säule B C in die Höhe getrieben werden. Erreichen sie dieselbe Höhe, so wird ihre Schwere sich gegenseitig das Gleichgewicht halten, wie in Fig. 22., und alle Bewegung sollte nun eigentlich aufhören. Doch bei dem Fallen der Säule B′ C′ hat die ganze Masse eine gewisse Beweglichkeit erhalten, die sie zu beizubehalten Neigung hat. Deßhalb wird C fortfahren sich zu heben und C′ zu fallen, nachdem sie bereits dieselbe Höhe erreicht haben; wird aber die Säule B C höher als B′ C′, so übersteigt ihr Druck nach unten den auf sie von B′ C′ ausgeübten Druck nach oben, und die Bewegung dauert so von einer zur andern Seite fort.

Wir haben hier indeß die Wirkung der Friction zwischen der Flüssigkeit und den Röhren unbeachtet gelassen; doch ist sie die Ursache, daß das Schwanken allmählich nachläßt und die Flüssigkeit endlich in einen Zustand der Ruhe kommt. In diesem Zustande werden die Oberflächen C C, in gleicher Höhe über der horizontalen Röhre B B′ sein.

§. 37.

Wir haben bisher vorausgesetzt, die Röhre A B und A′ B′ seien senkrecht; doch tritt dasselbe ein, wenn sie eine schräge Richtung haben, wie in Fig. 24. Wie vorhin sei der Hahn in B′ verschlossen, die horizontale Röhre B B′ mit Wasser gefüllt und es werde ebenfalls in die schräge Röhre A B eine Säule gegossen, deren Oberfläche in C ist. Dem in dem letzten Capitel Bewiesenen zufolge drückt die Säule B C auf die Flüssigkeit in der hori-

zontalen Röhre mit einer Kraft, die mit der senkrechten Höhe der Oberfläche C über B in Verbindung steht. Sie drückt mit einer Kraft, die dem Gewicht einer Säule von der Höhe B D gleicht. Wird nun eine Quantität Flüssigkeit in A' gegossen, bis die Höhe der Oberfläche C' über B' gleich ist der Höhe der Oberfläche C über B, so wird der Druck nach unten auf B' gleich sein dem von der Säule B C bewirkten Drucke nach oben; denn dieser Druck nach unten ist gleich dem Gewicht einer Säule, deren Höhe B' D' ist, welche B D gleicht.

Gleich wie bei den senkrechten Röhren wird auch hier, öffnet man den Hahn, die Flüssigkeit in Ruhe bleiben; eben so wird, sind die beiden Oberflächen nicht gleich, ein Schwanken stattfinden, welches eine gewisse Zeit fortdauert, bis es endlich aufhört.

§. 38.

Wir haben bisher vorausgesetzt, daß die Röhren gleiche Weite hätten. Doch findet dasselbe statt, wenn sie ungleich, oder, statt Röhren, Gefäße von irgend einer Form sind. A B, Fig 25. sei eine schräge Röhre, welche mit dem Behälter A' B' in Verbindung steht, während sich bei B' ein Hahn befindet. Die Röhre und der Behälter werden nun bis zu derselben Höhe C C' gefüllt und der Hahn in B' verschlossen. So wird dieselbe horizontale Linie, C C', die Oberfläche der Flüssigkeit in der Röhre und der in dem Behälter bezeichnen. Die Flüssigkeit B C in der Röhre B A wird auf die Flüssigkeit in der horizontalen Röhre mit einer Kraft drücken, welche gleich ist dem Gewicht einer Wassersäule von der Höhe B D und deren Basis dem Abschnitt der Röhre bei B gleich ist.

Diese Kraft wird von der Flüssigkeit in den horizontalen Canal B B' fortgepflanzt werden, so daß jeder □Zoll der Oberfläche des Hahns B' durch eine Kraft gedrückt wird, welche dem Gewicht einer Säule gleichkommt, deren Basis ein □Zoll und deren Höhe gleich B D ist. Die Flüssigkeit in dem Gefäß A' B' drückt auf jeden □Zoll der andern Seite des Hahns, mit einer Kraft, welche dem Gewicht einer Säule gleichkommt, deren Basis ein □Zoll und deren Höhe B' D' ist. Ist daher, wie wir voraussetzten, B' D' gleich B D, so wird der Hahn auf beiden Seiten gleichmäßig gedrückt, und wird derselbe geöffnet, so tritt keine Bewegung der Flüssigkeit ein. Ist dagegen B' D' nicht gleich B D, so wird die höhere Oberfläche sinken, die niedere steigen, und die bereits beschriebene schwankende Bewegung eintreten und fortwähren, bis die Oberflächen C C' dieselbe Höhe erreicht haben.

Ein Apparat, dieses durch Experimente zu bethätigen, ist Fig. 26. dargestellt. A, B, C, D, E sind gläserne Gefäße von verschiedener Gestalt, welche durch kurze röhrenförmige Stiele mit einer horizontalen Röhre in Verbindung stehen, die unter ihnen durchgeht und sich in dem Fuße des Gerathes befindet. An dem Stiele

eines jeden Gefäßes ist ein Hahn, K, der die Gefäße, wird er geschlossen, isolirt, geöffnet aber eine freie Communication gestattet. Sind alle Hähne geschlossen und ist Wasser in die verschiedenen Gefäße gegossen, so daß es in verschiedener Höhe sich darin befindet, so werden, wenn man die Hähne dergestalt öffnet, daß die freie Communication eintritt, die höhern Oberflächen fallen, die niedern dagegen steigen, bis sie dieselbe Höhe erreichen, wo denn alle Bewegung aufhören wird. Werden die Hähne wieder geschlossen, und Wasser in die Gefäße nachgegossen, so daß die Flüssigkeit verschiedene Höhe hat, so kann man das Experiment wiederholen, indem man die Hähne öffnet. Stets wird man finden, daß, sind die Hähne geöffnet, die Flüssigkeit in allen Gefäßen dieselbe Höhe annehmen wird.

§. 39.

ABCD, Fig. 27., sei ein weites Gefäß mit senkrechten Seiten, das durch BE mit einer senkrechten Röhre EF in Verbindung steht. Gießt man Wasser in ABCD, bis es sich zu der Höhe KL erhebt, so steht es in der Röhre EF eben so hoch, bis H.

Wird nun alles Wasser über MN aus ABCD herausgenommen, und statt dessen ein Drücker, MN, hineingesetzt, der sich wasserdicht in dem Gefäße bewegt; wird dieser ferner mit Gewichten beschwert, so daß seine und der Gewichte Schwere der des weggenommenen Wassers gleich ist, so wird derselbe das unter ihm befindliche Wasser eben so stark drücken, als vorher das weggenommene Wasser. Und daraus, daß derselbe nicht tiefer sinkt, erhellt, daß er durch den Druck der Wassersäule in EF getragen wird.

Wird die Wassersäule in der Röhre über O weggenommen, und dieselbe durch einen Drücker von gleichem Gewicht ersetzt, so wird dieser den großen MN tragen. Diese Wirkung ist gleich der der hydrostatischen Presse, welche unter (§. 7.) erklärt ist.

§. 40.

Nach dem bereits Bewiesenen leuchtet es beinahe von selbst ein, daß jeder Theil der Oberfläche der in einem Gefäß enthaltenen Flüssigkeit dasselbe Niveau haben muß, so lange dieselbe in einem Zustande der Ruhe ist. Wäre dies nicht der Fall, so würde es offenbar möglich sein, daß die Oberflächen derselben Flüssigkeit in verschiedenen Gefäßen verschiedene Niveaux haben könnten. Denn nehmen wir an, daß zwei verschiedene Theile der Oberfläche einer Flüssigkeit in einem Gefäße verschiedene Höhen hätten, wie in ABCD, Fig. 28. dargestellt ist, so theile man das Gefäß in zwei Theile durch einen festen Gegenstand, EP, doch so, daß man zwischen den beiden Theilen am Boden eine Communication, O, läßt; und zwar nehme man diese Theilung

so vor, daß der höhere Theil der Oberfläche, H, den einen, und der niedrigere Theil, L, den andern Theil einnimmt. Auf diese Weise würden wir in mit einander in Verbindung stehenden Gefäßen eine Flüssigkeit von verschiedenem Niveau haben, ein Resultat, welches mit dem früher Bewiesenen unverträglich wäre. Daraus folgt, daß alle Theile der Oberfläche einer in einem Gefäß enthaltenen Flüssigkeit, sind sie im Zustande der Ruhe, dasselbe Niveau haben müssen.

In der That ist dieser Lehrsatz nichts weiter, als ein Beweis von dem Streben der Bestandtheile jedes Körpers, in die niedrigste Lage zu fallen, welche die Natur ihrer gegenseitigen Verbindung und andere Umstände gestatten. Gebirge sinken nicht und treiben die anliegenden Thäler nicht in die Höhe, weil das starke Princip der Cohäsion, welches die festen Theile ihrer Massen und die der unter ihnen befindlichen Erde zusammenhält, ihrer Schwerkraft entgegensteht und weit stärker ist; würde diese Cohäsion aber gelöst, so würden die großen Erhöhungen zusammensinken und die dazwischen liegenden Thäler sich heben, so daß eine Veränderung der Form einträte; und diese wellenförmige Bewegung würde fortdauern, bis die ganze Masse in einen Zustand der Ruhe käme, und keine Erhöhung mehr bliebe. Alle Unebenheiten, die man auf dem Lande bemerkt, verdanken ihre Erhaltung dem Vorherrschen des Princips der Cohäsion über das der Schwere.

Andererseits würde, wenn die See im Zustande der Bewegung plötzlich zufröre, also das Cohäsionsprincip in Kraft träte, die Wassermasse ihre Druckkraft verlieren und die Unebenheiten, welche im flüssigen Zustande Wellen schlugen, fixirt werden. Jede Welle würde ein Hügel und der dazwischen liegende Raum ein Thal werden.

Hinsichtlich der Erhöhung und des Sinkens der Oberfläche einer Flüssigkeit findet eine sonderbare optische Täuschung statt, welche hier anzuführen von Nutzen sein möchte. Die dadurch hervorgebrachten Wellen scheinen eine progressive Bewegung zu haben, welche man gewöhnlich der Flüssigkeit selbst zuschreibt. Sehen wir, daß die Meereswellen sich dem Anschein nach in einer bestimmten Richtung fortbewegen, so kommt es uns vor, als bewege das Meer selbst sich vorwärts. Wir sehen, daß dieselbe Welle bei ihrem Fortschreiten aus demselben Wasser besteht und daß die ganze Oberfläche der Flüssigkeit in einem Zustande fortschreitender Bewegung sich befindet. Jedoch wird das Schiff, welches sich auf den Wellen befindet, von ihnen nicht vorwärts geführt; sie gehen unter demselben durch, indem sie es bald auf ihren Gipfel heben, bald in die Vertiefung zwischen ihnen sinken lassen. Bei der Betrachtung eines schwimmenden Seevogels

wird man dasselbe finden. Hätte aber das Wasser selbst an der Bewegung Theil, welche wir seinen Wellen zuschreiben, so müßten Schiff und Vogel gleiche Bewegung mit den Wellen haben. Sie würden, befänden sie sich einmal auf dem Gipfel einer Welle, dort beständig bleiben, und ihre Bewegung so sanft sein, als führen sie auf ruhigem Meere. Oder befänden sie sich in der Vertiefung zwischen den Wellen, so würden sie dort ebenfalls bleiben, weil die eine Welle dann beständig vor ihnen hergehen, die andere ihnen folgen würde.

Eben so müssen wir auch, wenn wir die das Ufer berührenden Wellen betrachten, überzeugt werden, daß an dieser scheinbaren Bewegung das Wasser keinen Theil hat; wäre dem so, so würde das Seewasser sich an der Küste häufen und die anliegende Gegend überschwemmen; auch dauert diese Bewegung selbst dann noch fort, wenn das Wasser fällt. Betrachten wir einen flachen Strand zur Zeit der Ebbe, so finden wir, daß die Wellen sich dennoch stets nach der Küste zu bewegen.

Es kann also nicht länger bezweifelt werden, daß die anscheinende Bewegung der Wellen auf einer Illusion beruht. Was aber ist der Grund dieser Täuschung? Daß irgend eine Fortbewegung stattfindet, lehrt der Augenschein. Aber eben so bewiesen ist es, sowohl durch den Augenschein, als durch andere unumstößliche Zeugnisse, daß in der Flüssigkeit keine Fortbewegung stattfindet. Welchem Umstande muß man also die Bewegung zuschreiben? Antwort: Der Form der Welle, und nicht der Flüssigkeit, aus der sie besteht.

Die Wellenlinie in Fig. 29. stelle die Oberfläche der See vor, und **A B C** seien die Kämme dreier auf einander folgender Wellen, **a b c** dagegen die dazwischen liegenden Vertiefungen. **LM** sei der Boden des Meeres. Bei **A** ist die Tiefe des Wassers durch die Linie **AK** ausgedrückt. Bei dem in der Nähe von **A** belegenen Punkte m' ist die Tiefe m'K'. Da **A** der Gipfel der Welle ist, so ist die Tiefe bei **A** größer als bei m'. Da nun der Druck der Säule **AK** größer ist als der von m'K', so hat der Punkt **A** ein Streben, zu fallen, der Punkt m' daher eine Neigung, sich zu heben. Deßhalb steigt m' zu dem Punkte **A'**, während **A** zu m herabsinkt, so daß also die Punkte **A** und m' ihre Niveaux verwechselt haben. Gleicherweise findet man, daß, für jeden Punkt in der ersten Stellung einer Welle, in der zweiten Stellung sich ein anderer Punkt befindet, mit welchem er hinsichtlich der Erhöhung wechselt. Erwägt man diese Umstände genau, so erkennt man leicht, daß, in dem angenommenen Zwischenraume, die verschiedenen Punkte der Oberfläche des Wassers, z. B. m', welche vorher an den abhängigen Seiten der Wellen waren, nun ihre Gipfel **A' B' C'** u. s. w. geworden sind. Nicht weil die

Punkte ABC nach A'B'C' vorwärts gerückt, sondern weil sie gesunken sind, während die andern sich erhoben. Daraus erhellt, daß die Undulationen der Oberfläche dadurch hervorgebracht werden, daß ihre verschiedenen Punkte wechselsweise steigen und fallen in perpendikulärer Richtung, und ohne irgend eine Art von progressiver Bewegung.

Dies noch deutlicher zu machen, wollen wir annehmen, daß von jedem Punkt der Oberfläche AaBbCc u. s. w. senkrechte Linien nach ihren correspondirenden Punkten in der Oberfläche A'a'B'b'C'c' u. s. w. gezogen seien, und die Zwischenzeit, in welcher die Oberfläche des Wassers diese beiden beschriebenen Gestalten annimmt, eine Secunde betrage; in dieser Zeit fallen die verschiedenen Punkte der obersten Fläche, welche mit p bezeichnet sind, in der Richtung der senkrechten Linien zu den mit p' bezeichneten Punkten herab, und die Punkte q erheben sich senkrecht zu der mit q' bezeichneten Lage. Zwischen den beiden Stellungen A und A' sind die Punkte der Oberfläche zwischen A und m' während der Secunde gestiegen und gefallen; sie sind zuerst zu einer Höhe = A aufgestiegen, und auf einen Augenblick den Kamm der Welle gebildet, sind aber noch vor Ablauf der Secunde wieder senkrecht in ihre vorige Stellung zurückgefallen. Hieraus wird hoffentlich also deutlich werden, wie die Form einer Welle eine fortschreitende Bewegung habe, während das Wasser, woraus sie besteht, stätig ist.

Aus demselben Grunde scheint auch ein Korkzieher, wenn man ihn in einer festen Stellung hält, in der Richtung sich fortzubewegen, in welcher er durch den Kork gehen würde. Diese letzte Eigenschaft hat man zu Verzierungen an Uhren benutzt. Ein schraubenförmiges Stück Glas wird einer Figur ins Maul gesteckt, welche eine Fontaine bilden soll. Das eine Ende desselben ist an der Axe eines Rades befestigt, welches durch das Uhrwerk in beständiger Rotation erhalten wird, während das andere Ende sich in einem, ein Bassin vorstellenden, Gefäße befindet. Die fortwährende Rotation bewirkt nun, daß man stets einen Wasserstrom herabfallen zu sehen glaubt.

§. 41.

Die Eigenschaften, durch welche Flüssigkeiten ihr Niveau behalten und einen Druck ausüben, sind die Ursachen der meisten Bewegungen und Veränderungen, denen das Wasser auf der Oberfläche der Erde ausgesetzt ist. Der Regen, welcher auf Gebirgsspitzen fällt, bildet, kann er den Boden nicht durchdringen, Bäche, welche herabfließen. Manchmal fällt der Regen auf einen Boden von poröser Beschaffenheit; dann fällt das Wasser oft tief hinab, bevor es auf eine undurchdringliche Schicht kommt. In diesem Falle erleidet es von dem nachsickernden Wasser einen

bedeutenden hydrostatischen Druck, der es oft zwingt, sich einen Ausweg zu suchen, wo es dann als Quelle hervorkommt. Oft sammelt sich dieses Wasser auch in unterirdischen Behältern, deren Stärke die Kraft des Drucks übersteigt. Wird der Boden senkrecht über einem solchen Behälter geöffnet, so wird das Wasser bis zu der Höhe steigen, welche die ihm Zufluß herbeiführenden Röhren haben. Liegt dieses Niveau über der Oberfläche des Bodens, so hat das Wasser ein Streben nach oben und läßt sich zu einer Fontaine benutzen, aus welcher es emporspringt, sobald man nur einen Hahn öffnet. Ist das Niveau ungefähr dem des Loches oder der gemachten Oeffnung gleich, so bleibt es darin stehen und bildet einen Brunnen. Ist das Niveau bedeutend unter der Mündung der Grube, so erhebt das Wasser sich nicht hoch, sondern es muß eine Pumpe angebracht werden.

Das in der Erde durch Einsickern gesammelte Wasser sprengt oft seine Schranken und stürzt in das Bett der See. Humboldt hat erwiesen, daß in der Mündung des Rio los Gartos 500 Yards von der Küste entfernt sich zahlreiche Quellen frischen Wassers befinden. Beispiele ähnlicher Art finden sich in Burlington Bay an der Küste von Yorkshire, in Xagua auf der Insel Cuba und an andern Orten.

Auch die Cataracten und Wasserfälle sind Beweise von dem Streben der Flüssigkeiten, ihr Niveau wieder herzustellen. Den berühmten Cataract von Tequendama, der durch den Rio Bogota in Südamerika gebildet wird, hielt man lange für den höchsten in der Welt, da er von Bouguer zu nicht weniger als 1500 senkrechten Fußen berechnet war. Humboldt dagegen hat neuerdings die Irrigkeit dieser Berechnung nachgewiesen und gezeigt, daß die Höhe des Falls nicht über 600 Fuß beträgt. Der Strom hat, ehe er an den Abhang kommt, eine Breite von 140 Fuß, welche sich an dem Abhange selbst zu 35 Fuß verengt. Der große Niagarafall ist bekannt. Die Breite des Stroms beträgt unmittelbar vor dem Falle 400 Yards, und stürzt derselbe 150 Fuß hoch hinab. Das Geräusch dieses Falles hört man 13 (engl.) Meilen weit. — Bei ihrem Herabströmen nach dem Niveau des Oceans verschwinden plötzlich Ströme, indem sie durch unterirdische Höhlen und Canäle einen schnellern Lauf finden, als auf der Oberfläche der Erde. Sind sie so eine Weile unter der Erde fortgeflossen, so erscheinen sie wieder und fließen dann auf der Oberfläche hin zum Meere. Oft wird ihr unterirdischer Lauf gestört und sie werden dadurch gezwungen, sich wieder nach der Oberfläche hin einen Ausweg zu suchen. Die Wasser des Oronoko verlieren sich unter ungeheuren Granitblöcken im Raudal de' Cariven, welche, gegen einander gelehnt, große natürliche Bogen bilden, unter denen der Strom brausend dahinstürzt. Die Rhone

verschwindet zwischen Seyssel und Sluys. Im Jahre 1752 wurde das Bett des Rio del Norte in Neu-Mexico plötzlich 60 Lieues weit trocken; der Fluß hatte sich in eine neugebildete Rinne gezogen und verschwand auf geraume Zeit. Nachdem endlich der unterirdische Canal offenbar sich verstopft hatte, kehrte der Fluß nach mehreren Wochen in sein früheres Bett zurück. Ein ähnliches Phänomen ereignete sich mit dem Amazonenfluß im Anfang des 18ten Jahrhunderts. Im Dorfe Puyaya trocknete das Bett dieses ungeheuern Stromes plötzlich und vollkommen aus und blieb so mehre Stunden lang, weil ein Theil der Felsen in der Nähe des Wasserfalls von Rentena durch ein Erdbeben umgestürzt war.

§. 42.

Die Art und Weise, einen Canal durch ein Land zu ziehen, hängt von der Eigenschaft der Flüssigkeiten ab, ihr Niveau zu suchen. Ist der Raum, durch welchen der Canal geleitet werden soll, keine gleichförmige Fläche, so begegnet man der Wirkung seiner Unebenheit durch Schleusen. Wird ein Canal in eine abhängige Fläche gegraben, so würde das Wasser nach dem niedrigern Ende laufen; ja selbst bei einer nur ganz geringen Neigung tritt diese Wirkung ein.

Der Lauf des Canals wird deßhalb in ebene Flächen von verschiedener Länge getheilt, wie die Unebenheit des Bodens dies gestattet. AB, Fig. 30., sei ein Abhang, den hinan ein Canal geleitet werden soll. In dem Falle richtet man künstlich eine Reihe ebener Flächen AD, EF, GB, ein, welche theils Erhöhungen bilden, LEK und MGB, theils Vertiefungen, ADL und KFM. Der Canal wird nun allmählig jede der Flächen BG, FE, DA, entlang geführt. Diese stehen mit einander bei ED und GF durch Schleusen in Verbindung, vermittelst deren Fahrzeuge mit Leichtigkeit hinauf oder herab transportirt werden können.

Die Construction einer Schleuse ist nicht schwierig. AB und CD, Fig. 31., seien zwei an einander stoßende Flächen des Canals; das Wasser der höhern AB wird durch eine Schütze BC gehalten, welche man nach Belieben öffnen und verschließen kann, und an dessen unterm Ende sich kleine Oeffnungen befinden, durch welche das Wasser aus der obern Fläche allmählig in die tiefere fließen kann. CE sei lang genug, die Schiffe aufzunehmen, welche die Schleuse passiren sollen; bei E sei eine andere Schütze von derselben Höhe wie das Niveau des Wassers in AB. Soll ein Fahrzeug von dem höhern zu dem tiefern Niveau fahren, so wird die Schütze FG verschlossen und die Oeffnungen am Boden BC geöffnet. Das Wasser fließt durch diese in die Schleuse BG und fährt damit fort, bis es in der Schleuse und in AB dieselbe Höhe hat. Dann wird die Schütze BC geöffnet und das

Schiff aus AB in die Schleuse geleitet. Darauf wird die Schütze BC verschlossen und die Oeffnungen auf dem Boden von FG aufgethan. Das Wasser beginnt aus der Schleuse in ED zu fließen, so daß das Wasser in der Schleuse allmählig sinkt, wodurch das Schiff ebenfalls tiefer zu stehen kommt; und dies dauert fort, bis das Wasser in der Schleuse mit dem in ED gleiche Höhe erreicht hat. Dann wird die Schütze FG geöffnet und das Schiff aus der Schleuse in das niedrigere Niveau geleitet.

Durch den umgekehrten Proceß wird das Schiff von dem niedrigern zum höhern Punkte geschafft. Ist die Schütze BC geschlossen, FG aber geöffnet, so hat das Wasser in der Schleuse und in ED dieselbe Höhe. Das Schiff wird nun in die Schleuse geleitet und FG verschlossen. Die Schütze werden geöffnet, und Wasser allmählig von dem höhern Stande in die Schleuse gelassen. Die Oberfläche des Wassers in der Schleuse steigt so allmählig höher, indem sie zugleich das Schiff mit erhebt; und dies dauert fort, bis seine Oberfläche die Höhe des Wassers in AB erreicht. Dann wird die Schütze BC geöffnet und das Schiff höher geleitet.

In welcher Richtung ein Schiff auch durch eine Schleuse gehen möge, so ist es klar, daß eine das Wasser in der Schleuse zu der Höhe des darüber befindlichen zu erheben hinreichende Wassermenge von oben nach unten fließen muß. Der Canal muß also stets mit einer hinreichenden Wassermasse versehen sein. Da indeß solche Schleusen bedeutende Kosten verursachen, so ist es oft besser, den Canal durch einen Umweg zu leiten.

Die geringste schräge Richtung des Canals ist schon hinreichend, das Wasser fließen zu machen. In einem geraden, ebenen Canal läßt eine Neigung von 1 Fuß in etwa vier (engl.) Meilen den Strom schon drei Meilen in der Stunde fließen. Indeß ist die Abdachung der Hauptströme der Welt im Durchschnitt größer.

§. 43.

Es ist stets nothwendig, den Stand des Wassers in dem Kessel einer Dampfmaschine zu kennen. Da letzterer aber ein verschlossenes metallenes Gefäß ist, so kann man das aus äußern Merkmalen nicht erkennen. Darum wird eine Glasröhre, AB, Fig. 32. an der Seite des Kessels angebracht; das eine Ende A geht nahe an dem obern Ende in den Kessel, das andere, B, nahe dem untern Ende. Das Wasser in dieser Röhre steht mit dem in dem Kessel stets in gleicher Höhe, und da die Röhre von Glas ist, so kann man dies leicht beobachten. Indeß würde die Röhre nicht richtig anzeigen, wenn ihr oberes Ende nicht auch in den Kessel ginge, sondern der Atmosphäre offen stände; denn die Oberfläche des Wassers in dem Kessel ist dem Drucke der

Dämpfe ausgesetzt, die darin eingeschlossen sind, so daß die Oberfläche in der Röhre, soll sie dieselbe Höhe haben, auch demselben Druck ausgesetzt sein muß.

§. 44.

Die Methode, Städte mit Wasser zu versehen, hängt von der Eigenschaft des Wassers, nach Erreichung des Niveau zu streben, ab. Man wählt einen Behälter, der über den mit Wasser zu versorgenden Orten etwas erhaben liegt, und entweder durch natürliche Quellen oder auf künstliche Weise Zufluß hat. Von ihm aus werden, gewöhnlich unter der Erde durch, Röhren in alle Theile der Stadt geleitet; aus diesen Röhren verzweigen sich dann kleinere, welche in jedes Haus gehen. Bleibt nur das Niveau des Behälters über den höchsten Punkten der Röhren, so kann man sie in jeder Richtung und auf und nieder leiten. — Unkenntniß dieses Princips, nach welchem Flüssigkeiten ihr Niveau zu erreichen streben, zeigt sich in der Construction der Aquäducte der Alten. Eine unter dem Boden hingeleitete Röhre hätte dieselben Dienste gethan, ohne so ungeheure Kosten zu veranlassen.

§. 45.

Im populären Sinne ist der Ausdruck »Niveau« leicht verständlich; hier indeß liegt uns daran, denselben genauer zu bestimmen. Die Erde hat ziemlich die Gestalt einer Kugel; auf ihrer Oberfläche befinden sich Unebenheiten, doch sind sie so unbedeutend, daß auch die höchsten Gebirge auf den künstlichen Erdkugeln kaum die Größe des geringsten Stäubchens haben würden. Diese Unebenheiten fehlen indeß dem Wasser, wenn es nicht vom Winde bewegt wird. Dieses bietet eine gebogene Fläche dar, die, würde sie nach jeder Richtung ohne Unterbrechung fortgeführt, eine Kugelgestalt annehmen würde. Zöge man eine Linie von dem Mittelpunkte der Erde zu irgend einem Theile der Oberfläche, so würde diese Linie die Richtung sein, in welcher die Anziehungs- oder Schwerkraft wirkt; die Linie, in welcher ein Bleiloth hängt, wenn es in Ruhe ist, und die Erdoberfläche steht immer perpendiculair auf solchen Linien. Unter und über der wirklichen Oberfläche der Erde nehme man andere concentrische Flächen an, wie in Fig. 33. Jede derselben wird die nämlichen Eigenschaften besitzen. — Jeder Theil dieser Flächen hat »dasselbe Niveau«, und man sagt von einem Niveau, daß es »über« oder »unter« einem andern befindlich sei, je nachdem es dem Centrum näher oder von ihm entfernter ist. — Ist eine auf der Erde befindliche flüssige Masse ruhig, so befindet sich jeder Theil derselben in dem nämlichen Niveau.

§. 46.

Ungeachtet der Kugelform der Erde scheint eine Wasserfläche an einem ruhigen Tage eine ebene Oberfläche zu haben, auf wel-

cher keine Krümmung bemerkbar ist. Der Grund davon liegt in der Kleinheit dieser Fläche gegen die Größe der Erde. Man nehme einen runden Teich, der etwa 4 (engl.) Meilen im Diameter hat und ziehe eine Schnur darüber. Der Krümmung der Oberfläche zufolge würde dieselbe nach der Mitte zu unter dem Wasser sein, wenn sie an den Enden die Oberfläche kaum berührte, und zwar würde sie in der Mitte am tiefsten darunter sein. Dennoch würde in dem angenommenen Falle ihre Tiefe nur $15\frac{3}{4}$ Zoll betragen. Man darf sich daher auch nicht wundern, wenn flüssige Oberflächen, da der Grad der Krümmung unbedeutend ist, eben erscheinen und wirklich sind. Von einer ebenen Fläche von geringer Ausdehnung sagt man also, sie sei im Niveau, wenn sie mit der Oberfläche einer in Ruhe befindlichen Flüssigkeit parallel ist; und alle Theile einer Flüssigkeit, welche sich in derselben Ebene befinden, parallel mit ihrer Oberfläche, haben dasselbe Niveau.

Obgleich indeß die Biegung der Oberfläche einer Flüssigkeit sehr klein ist, so kann man, bei größerer Ausdehnung, die Krümmung doch bemerken. Bekommt man ein fernes Schiff auf dem Meere zu Gesicht, so erblickt man zuerst die Spitze des Mastes, dann taucht es immer weiter auf, bis endlich der Rumpf erscheint, den man seiner Größe wegen zuerst sehen würde, würde er nicht durch die Wölbung der Meerfläche verborgen.

§. 47.

Das Gesetz, durch welches alle Theile der Oberfläche derselben Flüssigkeit in dem nämlichen Niveau bleiben, wird nicht verletzt, wenn eine Flüssigkeit auf eine andere, oder mehrere über einander gebracht werden. Wird ein gläsernes Gefäß, Fig. 34. zum Theil mit Wasser, W, gefüllt, und auf das Wasser Oel, O, gegossen, so wird das Wasser durchweg sein Niveau behalten und das Oel tragen. Wird dann eine andere Flüssigkeit, z. B. Aether, E, auf das Oel gegossen, so wird das Oel doch sein Niveau behalten und so fort. In diesen Fällen ist jedoch der Druck der Flüssigkeiten auf eine Schicht nicht proportional mit der Tiefe der Schicht. Der Druck auf ein Niveau ist gleich dem Gewicht der aufliegenden Säule einer Flüssigkeit. Aber diese Säule besteht nicht, wie in den frühern Fällen, aus derselben Flüssigkeit, es ist deßhalb nicht wahr, daß irgend ein Theil der Säule ein proportionales Gewicht hat.

Die verschiedenen Erscheinungen an Wasserkünsten sind die Wirkungen des Drucks, der durch Röhren aus einem Wasserbehälter entsteht, welcher bedeutend höher liegt als die Mündungen, aus denen das Wasser aufsteigen soll. Die Form oder Richtung dieser Mündungen bestimmt die Gestalt, welche die Fontaine annehmen soll; und die Höhe des den Druck ausübenden Was-

sers bestimmt die Höhe, zu welcher das Wasser der Fontaine aufsteigt.

§. 48.

Nivellir-Instrumente, um die Richtung oder Lage horizontaler Linien, oder das Verhältniß der Niveaux, in welchem verschiedene Gegenstände zu einander stehen, werden vermittelst der Eigenschaft construirt, welcher gemäß Flüssigkeiten ihr Niveau zu behaupten streben. A, Fig. 35. sei eine gerade Glasröhre und ein Theil jedes der beiden Schenkel B und C mit Wasser gefüllt, so, daß dieselben nach oben stehen. Auf die Oberfläche des Wassers in den Schenkeln lege man Kork, an welchem sich oben ein Draht befindet, an dessen obern Enden sich ein Visir befindet, S T, die aus zwei feinen, sich rechtwinklig durchkreuzenden Haaren besteht. Man sehe mit dem Auge durch eins dieser Visire nach dem andern, so daß die Punkte, wo die Haare sich durchkreuzen, einander decken, und beobachte einen entfernten Gegenstand, der durch diesen Punkt bedeckt wird. Nun drehe man das Instrument um, und bedecke die beiden Punkte nach denselben Gegenstand, so befinden sie sich noch immer in gleicher Höhe über der Oberfläche des Wassers. Liegt aber der entfernte Gegenstand nicht mehr in der Richtung dieser Punkte, so muß einer der Durchkreuzungspunkte gestiegen oder gefallen sein. Decken sie einander, so liegen alle Punkte, welche man in der Richtung der Visire sieht, im Niveau des Instruments.

§. 49.

Ein anderes Instrument zum Nivelliren kennt man unter dem Namen Spiritus- oder Alkohol-Niveau. Es besteht aus einer cylindrischen Glasröhre, welche, einen kleinen mit Luft gefüllten Raum ausgenommen, mit Weingeist gefüllt ist. Die Enden sind hermetisch versiegelt, damit die Flüssigkeit nicht entweichen kann. In welche Lage man die Röhre auch bringen mag, so wird die Flüssigkeit sich immer an dem niedrigsten Theile befinden; und wird das eine Ende aufgehoben, so wird sich an dem obern Theile die Luftblase, an dem untern die Flüssigkeit befinden. Liegen beide Enden wagerecht, so befindet sich die Luftblase in der Mitte. Die Röhre ist indeß nicht ganz gerade, sondern leicht gebogen, so daß das Convexe nach oben geht. In Fig. 36. ist die Röhre in horizontaler Lage, mit der Luftblase im Mittelpunkt, dargestellt.

Die Art, das Niveau einzurichten, um eine Fläche in eine horizontale Richtung zu bringen, besteht darin, daß man dasselbe in einen hölzernen Block oder in eine Blechbüchse steckt, A B, Fig. 37. Der Block ist so eingerichtet, daß, wenn die untere Fläche, D E, horizontal ist, die Blase in dem Centrum zwischen zwei auf der Röhre angebrachten Linien, a und b, stehen wird. —

Das Instrument wird auf folgende Weise eingerichtet: — Man setze die Fläche D E auf eine horizontale Fläche, wo dann die Blase gerade in der Mitte stehen wird; alsdann drehe man das Instrument um, so daß D und E ihre Stellen wechseln. Steht die Blase noch immer in der Mitte, so ist das Instrument correct; wo nicht, so ist das Ende, nach welchem die Blase sich hinzieht, das höhere.

Das Princip, worauf diese Zurichtung beruht, besteht darin, daß die Blase an dem höchsten Punkt der Röhre hafte und daß eine horizontale Linie in einem rechten Winkel eine vertikale durchschneidet. Steht die Blase in der Mitte, so denke man sich eine senkrechte Linie cd von dem Mittelpunkt der Blase nach der Basis DE des Instruments. Steht cd senkrecht auf DE, so ist klar, daß das Umdrehen des Instruments in der Richtung der Linie cd keine Veränderung hervorbringen und der Punkt c stets der Mittelpunkt der Blase bleiben wird. Steht indeß cd nicht senkrecht auf DE, so ist einer der Winkel, z. B. cdD, spitz, und der andere, cdE, stumpf, der Punkt D also höher als E. Dreht man daher das Instrument um, so wird E die höhere, D die niedrigere Stellung einnehmen; alsdann ist auch der mittlere Pnnkt c nicht mehr der höchste, weßhalb die Blase sich von ihm zurückziehen wird.

Fünftes Capitel.

Von dem Eintauchen fester Körper in flüssige.

Die Größe eines irregulairen festen Körpers genau zu bestimmen. — Wenn ein fester Körper in einer Flüssigkeit ist. — Wenn porös. — Wirkung des scheinbaren Gewichts der Flüssigkeit. — Wirkung des scheinbaren Gewichts des festen Körpers. — Das wirkliche Gewicht des festen Körpers und der Flüssigkeit wird durch das Eintauchen nicht verändert. — Ursach dieser scheinbaren Veränderung. — Wenn ein Körper hängt. — Schwimmende Körper. — Ableitung dieser Eigenschaften aus den Grundprincipien der Hydrostatik. — Der nämliche Körper sinkt in der einen Flüssigkeit, während er in einer andern steigt. — Schwimmfähigkeit. — Ihre Wirkung bei unterseeischen Operationen. — Wirkung derselben beim Baden. — Böte können selbst aus einem schweren Material verfertigt werden. — Ein eisernes Boot, welches nicht sinken kann. — Methode, Schiffe vor dem Versinken zu bewahren. — Wirkungen der Ladung. — Mittel, Waaren vom Meergrunde emporzubringen. — Schiffe über Untiefen zu bringen. — Rettungsgeräthe. — Schwimmen. — Wasservögel. — Fische. — Weßhalb ein ertrunkener Körper schwimmt. — Taschenspielergeräth. — Warum Eis schwimmt. — Felsen vom Eise auf die Oberfläche des Wassers gehoben.

§. 50.

Den Gehalt eines festen Körpers durch directe Messung zu bestimmen, ist ein Problem von bedeutender praktischer Schwierigkeit, ausgenommen, wenn derselbe eine regelmäßige Gestalt hat. Wäre es z. B. erforderlich, die Zolle und Theile eines Zolls eines rohen Erzklumpens zu ermitteln, dessen Oberfläche unzählige unregelmäßige Erhöhungen und Vertiefungen darbietet, so reicht da die Wissenschaft nicht aus; denn die genaue praktische Lösung des Problems durch directe geometrische Messung ist unmöglich.

Körper in flüssiger Form bieten solche Schwierigkeiten nicht dar; ihre Eigenthümlichkeit macht, daß man sie leicht in jede Form bringen kann. Die große Leichtigkeit, Flüssigkeiten zu messen, und dagegen die Schwierigkeit, dieses bei festen Körpern zu bewerkstelligen, sind der Grund, weßhalb die Quantität der Körper in flüssiger Form gewöhnlich durch ihr Maß, während die Quantität derer in fester Form gewöhnlich durch ihr Gewicht ausgedrückt wird; so reden wir bei Flüssigkeiten von Tonnen, Quartieren rc., bei festen Körpern von Centner, Pfunden u. s. w.

§. 51.

Dieselbe Eigenschaft aber, welche die Flüssigkeiten leicht meßbar macht, macht sie auch passend, die Dimensionen der festen Körper zu bestimmen. Da eine Flüssigkeit sich genau der Form eines Gefäßes, in welchem sie enthalten, anschließt, indem es jeden Theil desselben, der unter seiner Oberfläche liegt, füllt, so fügt sie sich gleicher Weise auch an die Gestalt eines festen Körpers, den man in dieselbe legt. Wird ein fester Körper daher in eine Flüssigkeit gelegt, so treibt er eine seinem Umfange gleiche Quantität der Flüssigkeit aus ihrer frühern Lage. Könnte man also die Dimension der so aus ihrer Lage getriebenen Flüssigkeit bestimmen, so könnte man danach auch die Größe des hineingelegten Körpers erhalten. Und das ist leicht geschehen.

ABCD, Fig. 38., sei ein Gefäß mit einer Flüssigkeit, die anfangs bis **EF** reichen soll; auch habe das Gefäß senkrechte Seiten. Nun werfe man einen festen Körper, dessen Umfang bestimmt werden soll, hinein. Da der Raum, welchen derselbe jetzt einnimmt, vorher mit Flüssigkeit gefüllt war, so muß diese nun eine andere Stelle suchen, und wird, indem es dem festen Körper weicht, die anstoßenden Theile der Flüssigkeit zurücktreiben, wodurch eine völlige Veränderung der Lage in der ganzen Masse vorgehen wird. Die Oberfläche **EF** wird sich nach **E'F'** erheben. Daher muß der Raum zwischen **EF** und **E'F'** offenbar dem Umfange des festen Körpers **S** gleich sein, weil darin sich gerade nur dieselbe Quantität Flüssigkeit befindet, welche sich in dem Raume befand, den jetzt der feste Körper einnimmt. Man kann in der That annehmen, daß sich dieselbe Flüssigkeit, welche

von dem festen Körper vertrieben ist, jetzt zwischen EF und E' F' befindet. So haben wir denn durch ein einfaches, leichtes Mittel die regelmäßige, leicht ausmeßbare Figur EFE'F' erhalten, die unfehlbar gleiche Größe mit dem irregulairen Körper S hat, dessen Umfang man auch durch die feinsten Instrumente und genauesten geometrischen Regeln zu ermitteln vergebens suchen würde.

Ist das Gefäß ABCD von Glas, und sind an der äußern Fläche vom Boden bis zur Spitze durch Parallellinien Abtheilungen gemacht, wie die Figur zeigt, so sei jeder Raum zwischen zwei solchen Linien gleich einem Cubikzoll, so daß also, steht das Wasser $\frac{1}{3}$ über 5, die ganze Quantität Wasser in dem Gefäße $5\frac{1}{3}$ Cubikzoll beträgt. Angenommen also, die Flüssigkeit reichte bis zur sechsten Abtheilung, und man wollte die Größe eines irregulairen Metallklumpens wissen, so werfe man ihn in die Flüssigkeit, und beobachte die Abtheilung, zu welcher letztere nun steigt. Wäre diese $\frac{1}{4}$ über 8, so würde der Erzklumpen also $2\frac{1}{4}$ Cubikzoll groß sein.

Wir haben hier ein Gefäß angenommen, welches schon im voraus mit Graden versehen war, so daß jede Abtheilung einer gegebenen Quantität Wasser entspricht. Um indeß diese Grade darauf zu zeichnen, bedient man sich derselben Methode. Man nehme einen festen Körper, der genau 1 Cubikzoll groß ist, und lege ihn in das Gefäß, so wird die Höhe, welche jetzt das Wasser hinansteigt, gerade 1 Cubikzoll ausmachen. Man ziehe dann hier einen Strich und fahre so fort, indem man in gleicher Entfernung Linien darüber zieht. Auch kann man auf ähnliche Weise durch kleinere feste Körper von bestimmter Größe die Brüche und Unterabtheilungen bezeichnen.

Sind indeß die Seiten des Gefäßes nicht perpendiculair, oder uneben, so giebt die eben angeführte Eintheilungsmethode keine richtigen Resultate. Denn je nachdem das Gefäß an verschiedenen Stellen enger oder weiter ist, werden auch die Grade größer oder kleiner werden, und zwar größer, wo jenes enger, und kleiner, wo jenes weiter ist. In diesem Falle muß man nach einander mehre solide Cubikzolle hineinwerfen und dann jedesmal den Stand des Wassers bezeichnen.

Durch dieses Hineinwerfen kann man indeß nicht bloß den ganzen Umfang eines Körpers, sondern auch eines Theils desselben messen. Taucht man den festen Körper nur zum Theil ein, so treibt der Theil, welcher sich unter der Oberfläche des Wassers befindet, einen Theil dieses letztern in die Höhe, und der Raum, welchen dieses hinangetrieben wird, giebt dann die Größe des Theils an.

So kann man einen Körper leicht in zwei oder mehr Theile

theilen, die eine gegebene Proportion zu einander haben. Angenommen, ein fester Körper solle in zwei gleiche Theile getheilt werden, so tauche man denselben erst ganz ein, und beobachte den Raum, welchen das Wasser hinansteigt. Dann ziehe man ihn wieder heraus, und tauche ihn wieder so weit ein, bis die Oberfläche die Hälfte des vorigen Raumes erreicht hat, so ist der zuletzt eingetauchte Theil genau die Hälfte des ganzen Körpers. Und zieht man über der Oberfläche des Wassers um den ganzen Körper eine Linie, so wird man, durchschneidet man ihn hier, zwei ganz gleiche Theile erhalten. Wollte man eben so den fünften Theil einer ganzen Größe erhalten, so brauchte man den Körper nur so tief in das Gefäß zu tauchen, bis es den fünften Theil von der Höhe des vorigen Raumes gestiegen ist. Es ist offenbar, daß man durch einen ähnlichen Proceß jeden verlangten Theil eines Körpers ermitteln könnte, und eine Wiederholung dieses Processes uns in den Staud setzen würde, den Körper in alle möglichen Theile, gleich oder ungleich, zu zerlegen.

Es giebt indeß Umstände, welche oft den praktischen Nutzen dieser Methode, feste Körper durch Eintauchen zu messen, beeinträchtigen. So ist z. B. die Methode nicht anwendbar, wenn der Körper durch die Flüssigkeit aufgelöst wird. In dem Falle kann man indeß eine andere Flüssigkeit wählen, durch welche der Körper nicht aufgelöst wird. Eben so hilft die Methode nicht, wenn der Körper so porös ist, daß das Wasser in denselben hineindringt, weil derselbe dann keine so große Quantität Wasser aus ihrer Lage treibt, als er selbst Umfang hat. Das in die Poren dringende Wasser bleibt immer an seiner frühern Stelle, und das hinaufgetriebene Wasser ist eigentlich nichts anders als die Differenz zwischen einer Quantität Flüssigkeit, welche an Masse dem festen Körper gleich ist, und zwischen der Flüssigkeit, welche der Körper absorbirt. Hat indeß die Absorption der Flüssigkeit keinen Einfluß auf die Dimensionen des festen Körpers, so ist diese Methode noch immer anwendbar, wenn man den Körper vorher mit Wasser sättigt.

Aus dem Festgesetzten folgt, daß, wenn ein fester Körper in ein mit Wasser ganz gefülltes Gefäß geworfen wird, so viel von dem Wasser überfließen wird, als der Größe des eingetauchten Körpers gleich ist; ein theilweis gefülltes Gefäß wird bis zum Rande voll werden. So fließt eine volle Tasse Thee über, thut man Zucker hinein, und eine Badewanne darf nur so weit gefüllt werden, daß das Wasser, wenn der Badende sich hineinlegt, den Rand der Wanne nicht erreiche.

§. 52.

Wir haben die Wirkung gesehen, welche das Eintauchen eines festen Körpers auf den Umfang einer Flüssigkeit hervorbringt.

Diese Wirkung wird oft durch den Satz ausgedrückt, daß der Umfang der Flüssigkeit so viel zunimmt, als der Umfang des festen Körpers beträgt; damit ist jedoch keineswegs gemeint, daß die absolute Dimension oder das Maß der Flüssigkeit zunähme, sondern nur, daß die scheinbaren, äußern Dimensionen durch die Größe des hineingelegten Körpers erweitert werden. In der That machen die Flüssigkeit und der feste Körper gemeinschaftlich den Gehalt des Gefäßes aus; da aber der feste Körper von der Flüssigkeit umgeben ist, so werden die Dimensionen der letztern nach ihren äußern Oberflächen geschätzt, wie ein Berg nach seinem äußern Umfange geschätzt werden würde, sollte er auch im Innern eine Höhle enthalten.

Wir wollen jetzt untersuchen, welchen Einfluß das Eintauchen eines festen Körpers auf das scheinbare Gewicht einer Flüssigkeit hat. AB, Fig. 39. sei ein mit Wasser gefülltes Gefäß, welches auf der Schale D einer Wage EF steht, und durch ein auf der andern Schale G befindliches Gegengewicht gehalten wird. Die Gewichte auf G werden dann gleich sein dem Gewicht des Gefäßes AB und der darin enthaltenen Flüssigkeit. Nun lasse man einen festen Körper S, schwer genug, um in die Flüssigkeit zu sinken, an einem Pferdehaar oder feinen Faden von dem Arme C herabhängen, und richte den Arm C so, daß S in die Flüssigkeit sinkt, bis es damit bedeckt ist, ohne jedoch den Boden zu berühren, so bemerkt man, daß die Schale D unmittelbar das Uebergewicht erhält, da die Gewichte auf G nicht mehr hinreichen, dem Gewicht auf der andern Schale D das Gegengewicht zu halten. Wir erkennen also hieraus zugleich, daß, wie die scheinbaren Dimensionen der Flüssigkeit durch den festen Körper vergrößert werden, so auch das scheinbare Gewicht der Flüssigkeit vermehrt wird. Indeß läßt sich der Betrag dieser Gewichtzunahme ermitteln.

Man setze so viel Gewichte auf die Schale G, bis das Gleichgewicht hergestellt ist; der Betrag derselben wird die Zunahme ausdrücken, welche das scheinbare Gewicht der Flüssigkeit durch den festen Körper erhält. Nimmt man nun sowohl das Uebergewicht, als den Körper S weg, so wird die Wage immer ihr Gleichgewicht behalten. Hat man die Höhe, zu welcher das Wasser in dem Gefäß AB stieg, beobachtet, so gieße man so viel Wasser nach, daß es diesen Höhepunkt wieder erreicht. Diese Quantität ist, wie bereits gesagt, an Masse dem Körper S gleich, und durch ihr Gewicht wird die Schale D das Uebergewicht haben. Legt man nun die weggenommenen Gewichte von vorhin wieder auf die Schale G, so ist das Gleichgewicht wieder hergestellt. Daraus folgt, daß die Vermehrung, welche das Gewicht der Flüssigkeit durch den festen Körper S erhält, gleich ist dem

Gewicht des Theils der Flüssigkeit, welcher von dem festen Körper verdrängt wurde.

Da dieses Princip für die Theorie der Flüssigkeiten und für die Physik überhaupt von der größten Wichtigkeit ist, so erscheint es hier nicht ohne Nutzen, die Experimentalerläuterung desselben aus einem andern Gesichtspunkte vorzunehmen. AB und A′B′, Fig. 40. seien zwei gleiche Glasgefäße von demselben Gewicht, zu derselben Höhe L und L′ mit Wasser gefüllt und auf die Wagschalen gestellt. Da sie gleiches Gewicht haben, so halten sie das Gleichgewicht. Nun hänge man, wie vorhin, einen festen Körper in AB, so wird die Schale D das Uebergewicht erhalten und die Höhe L zu l hinaufsteigen. Darauf gieße man Wasser in A′B′, bis das Gleichgewicht hergestellt ist. So wird man finden, daß das Wasser in A′B′ durch das neu hinzugekommene, welches zur Herstellung des Gleichgewichts erforderlich war, dieselbe Höhe erreicht hat, wie das in AB durch Hineinlegen des festen Körpers. Was daraus folgt, ist einleuchtend. Das Hineinlegen eines festen Körpers fügt zu dem Gewichte des Gefäßes so viel hinzu, als eine derjenigen Quantität, welche jener verdrängt, gleiche Wassermasse.

§. 53.

Wir haben hier angenommen, daß der feste Körper sich ganz unter Wasser befinde; folglich ist das dem Wasser zugefügte Gewicht das eines Theils der Flüssigkeit selbst, welche der ganzen Masse des festen Körpers gleich ist. Doch giebt dasselbe Verfahren ähnliche Resultate, wird der Körper S nur theilweise eingetaucht. Immer ist das Gewicht, welches die Flüssigkeit erhält, gleich dem Gewicht des Theils derselben, welcher durch den eingetauchten Theil des festen Körpers S verdrängt wird. Es ist unnöthig, das Verfahren, wodurch dies dargethan wird, hier zu wiederholen; es ist dasselbe in jeder Hinsicht, was bei dem Untertauchen des ganzen Körpers erläutert wurde.

Die Weise, in welcher das Eintauchen des festen Körpers bei den vorhergehenden Versuchen beschrieben wurde, indem man denselben nämlich von einem Arme C an einem Faden oder Haare herabhängen läßt, erfordert, daß der Körper schon durch sein eignes Gewicht allein in die Flüssigkeit sinke. Jedoch beschränkt sich die Methode nicht auf solche Körper allein. Wäre daher der Körper so leicht, daß er auf der Flüssigkeit schwämme, so müßte man zu seinem Sinken verschiedene Mittel anwenden, z. B. muß er durch einen starken, unbiegsamen Draht unter Wasser gehalten werden. Dann sind alle Resultate die nämlichen mit den bereits beschriebenen.

Aus allem bisher Dargethanen kann man daher folgern, daß das Eintauchen eines festen Körpers, mag dies ganz oder zum

Theil geschehen, sowohl die scheinbare Masse, als das scheinbare Gewicht der Flüssigkeit vergrößert, und zwar genau in dem Grade, wie sie durch Hinzufügung einer eben so großen Quantität der Flüssigkeit vermehrt werden würden, als der Größe des eingetauchten festen Körpers gleich ist.

§. 54.

Das Gewicht sowohl der Flüssigkeit, als des darin eingetauchten Körpers hängt von der Anziehungskraft ab, welche die Erde auf die Theile derselben ausübt; und deßhalb bleibt das Gewicht derselben an demselben Orte unveränderlich, so lange ihre Massen unverändert bleiben. Daraus folgt, daß die Vermehrung des Gewichts des Gefäßes nicht aus einer Zunahme des Gewichts im Gefäße oder in der Flüssigkeit, noch aus einer Vermehrung oder Verminderung des Gewichts des eingetauchten Körpers hervorgehen kann. Das reine Factum des Eintauchens kann keine Aenderung in dem Belaufe dieser Gewichte hervorbringen.

Es ist daher natürlich, zu erforschen, woher die Vermehrung des Gewichts kommt, welche das Gefäß durch das Eintauchen des festen Körpers erhält. Wir haben gesehen, daß das wirkliche Gewicht des Wassers im Gefäße unverändert bleibt, während das scheinbare Gewicht vermehrt ist. Wir wissen ferner, daß das wirkliche Gewicht des festen Körpers nicht vergrößert werden kann. Nehmen wir also an, der eingetauchte Körper sei specifisch schwerer als Wasser, hänge an dem Arm einer Wage und habe ein Gegengewicht, wie Fig. 41. zeigt. Sobald der Körper ins Wasser getaucht wird, erhält die Schale G das Uebergewicht, während E in die Höhe steigt, woraus folgt, daß durch das Eintauchen das scheinbare Gewicht des festen Körpers vermindert wird. Um den Belauf dieser Verminderung zu erforschen, nehme man so viel von der Schale G weg, bis das Gleichgewicht hergestellt ist; das weggenommene Gewicht ist dann der Betrag der Verminderung des scheinbaren Gewichts des festen Körpers. Dann wäge man die Quantität Wasser ab, deren Gewicht dem von der Schale G weggenommenem Gewichte gleich ist, bezeichne an dem Gefäße A B die Höhe, bis zu welcher das Wasser steht, und nehme dann den festen Körper heraus. Die Oberfläche des Wassers wird sogleich fallen, indem zwischen ihrem frühern und dem jetzigen Stande ein Raum ist, der der Größe des festen Körpers gleich. Gießt man dann die vorhin abgewogene Flüssigkeit in das Gefäß A B, so wird die Oberfläche sich bis zu dem Punkte erheben, wo sie stand, als der feste Körper sich noch darin befand.

Daraus erhellt,

1) daß durch den Proceß der Immersion das scheinbare

Gewicht des festen Körpers vermindert, während das der Flüssigkeit vermehrt wird;

2) daß die Vermehrung des scheinbaren Gewichts der Flüssigkeit genau der Verminderung des scheinbaren Gewichts des festen Körpers gleich ist, und

3) daß der Betrag der Vermehrung des einen, und der Verminderung des andern scheinbaren Gewichts das Gewicht eines Theils der Flüssigkeit ist, deren Größe der Größe des festen Körpers gleicht.

Weitere Folgerungen aus diesen Schlüssen werden uns zu beachtenswerthen Resultaten führen. Träfe es sich, daß das Gewicht des zum Eintauchen bestimmten Körpers gleich sei dem Gewicht einer Flüssigkeit, deren Masse der seinigen gleich ist, so würde er, nach den eben festgestellten Grundsätzen, beim Eintauchen sein ganzes Gewicht verlieren, folglich, hinge er am Arm der Wage, gar nichts wiegen, d. h. der Faden, an welchem er hängt, würde nicht angezogen sein, und der Körper kein Bestreben zu sinken haben; und so ist es wirklich. Man richte eine hohle Metallkugel so ein, daß sie mit Sand gefüllt werden kann; so kann man dadurch das Gewicht derselben nach Belieben größer oder kleiner machen. Macht man es dem Wasser gleich und hängt die Kugel in das Gefäß, so wird man finden, daß sie, befindet sie sich nämlich ganz unter Wasser, völlig indifferent in einer Lage bleibt. Legt man sie auf den Boden, so bleibt sie da, und so an jedem andern Orte.

Eine andere wichtige Folgerung ist diese: Hat der in eine Flüssigkeit getauchte feste Körper weniger Gewicht, als die ihm an Masse gleiche Flüssigkeit, so würde daraus folgen, daß er bei gänzlichem Eintauchen m e h r als sein ganzes Gewicht verliert; — eine Folgerung, welche nicht so absurd ist, als sie auf den ersten Blick scheinen mag. Verliert ein Körper weniger als sein ganzes Gewicht, so bleibt ihm eine Neigung zu sinken. Verliert er genau gerade sein Gewicht, so ist die Wirkung seiner Schwere neutralisirt, und er verliert, wie in dem obigen Beispiele, überhaupt alle Neigung sich zu bewegen. Wenn aber die Folgerungen sich rechtfertigten, so müßte ein Körper, der mehr als sein ganzes Gewicht verlöre, offenbar ein Bestreben zu steigen haben, indem er eine Eigenschaft erhält, die das gerade Gegentheil der Schwere ist, und in der Algebra durch die negativen Zeichen ausgedrückt wird.

Die Erscheinungen schwimmender Körper bewahrheiten das Gesagte. Man fülle die erwähnte hohle Kugel so mit Sand, daß ihr Gewicht einer an Masse ihr gleichen Flüssigkeit entspricht; tauche sie dann in ein Gefäß mit jener Flüssigkeit, so daß sie sich unter der Oberfläche befindet, so wird man finden, daß die Ku-

gel dort nicht bleibt, sondern auf die Oberfläche steigt und dort schwimmt. Sie unter dem Wasser zu halten, ist eine gewisse Kraft nöthig, und mißt man diese Kraft, so findet man, daß sie dem Uebermaß des Gewichts einer an Masse der Kugel gleichen Wassermenge über das Gewicht der Kugel gleich ist.

Die Schlüsse, zu welchen wir gekommen sind, lassen sich also folgendermaßen generalisiren:

1) Ein fester Körper, dessen Gewicht das einer an Masse ihm gleichen Flüssigkeit übertrifft, hat ein diesem Uebermaß entsprechendes Streben, zu sinken.

2) Ein fester Körper, dessen Gewicht dem einer an Masse ihm gleichen Flüssigkeit gleich ist, hat, eingetaucht, weder ein Streben zu sinken, noch zu steigen.

3) Ein fester Körper, dessen Gewicht kleiner ist als das einer an Masse ihm gleichen Flüssigkeit, hat, eingetaucht, eine Neigung zu steigen, wie eben gesagt wurde.

§. 55.

Das Raisonnement, durch welches wir zu diesen Schlüssen kamen, gründete sich auf die im §. 52. beschriebenen Experimente. Doch lassen diese sich auch von dem Fundamentalgrundsatze der Hydrostatik ableiten, daß nämlich Flüssigkeiten einen gleichmäßigen Druck nach allen Richtungen ausüben.

Nehmen wir an, daß ein fester Körper ABCD, Fig. 42., von irgend einer Gestalt, z. B. der eines Cubikzolls, in eine Flüssigkeit gesenkt werde, deren Oberfläche LM ist, während L'M' die Höhe ist, in welcher der Boden BC sich befindet. Der feste Körper hänge an einem dünnen Faden T, dessen Gewicht außer Acht bleibt. Dieser werde über ein ausgekehltes Rad R gelegt und solch ein Gewicht W daran gehängt, als dem Körper ABCD das Gegengewicht hält und verursacht, daß dieser in der Flüssigkeit weder fällt noch steigt. In dieser Lage muß jeder Theil der Linie L'M' denselben Druck nach unten erleiden; denn litte ein Theil einen größern Druck als ein anderer, so würde dieser dahin getrieben werden, wo der geringere Druck ist, diesen Punkt also in die Höhe treiben. Das findet indeß nicht statt, weßhalb man annehmen muß, daß jeder Punkt unter L'M' den nämlichen Druck erleidet.

Der Boden BC des festen Körpers bildet einen Quadratzoll auf L'M'. Man nehme nun an, die auf BC ruhende Säule, von der der feste Körper einen Theil bildet, reiche bis zur Oberfläche, so ist einleuchtend, daß der auf die Basis BC ausgeübte Druck nach unten dem Gewicht der darüber befindlichen Säule EBCF, welches durch das Gegengewicht W vermindert wird, gleich ist. Diese Säule besteht zum Theil aus der Flüssigkeit EADF über dem festen Körper und zum Theil aus letzterm selbst.

Da nun auch die Schicht L'M' in BC solchen Druck erleidet, so folgt, daß jeder Theil derselben, welcher BC gleich ist, ganz den nämlichen Druck nach unten zu erleiden hat. HB sei z. B. gleich BC, so erleidet der Theil HB den nämlichen Druck durch die darauf ruhende Säule GHBE. Das Gewicht dieser Säule muß also demjenigen gleich sein, welches auf BC drückt.

Angenommen, die Säule GHBE sei in IA getheilt, so daß der Theil IABH dem Umfange des Körpers ABCD und der Theil IAEG der Flüssigkeit EADF über dem festen Körper gleich ist.

Vergleichen wir nun den äqualen Druck, welcher auf BC und BH ausgeübt wird. Ersterer ist das Gewicht von EADF sammt dem Gewicht des festen Körpers, vermindert durch die Schwere des Gegengewichts W. Letzterer ist das Gewicht von GIAE sammt dem von IABH. Daraus erhellt, daß das Gewicht der Säule EBCF das der Säule GHBE um das Gewicht W übersteigt. Da aber der Theil EADF der ersten Säule dem Theile GIAE der zweiten an Gewicht gleich ist, so folgt, daß das Gewicht des festen Körpers ABCD das der an Masse ihm gleichen Flüssigkeit IABH um die Schwere des Gegengewichts W übersteigt.

Da nun das Gegengewicht W die Kraft ist, welche den Körper am Sinken verhindert, so drückt es die Neigung des Körpers zu sinken aus, woraus folgt, daß diese Neigung berechnet wird aus dem Uebermaß des Gewichts des festen Körpers über das Gewicht der an Masse ihm gleichen Flüssigkeit, wie bereits durch Experimente dargethan ist.

In dem Vorhergehenden hatten wir angenommen, daß der feste Körper, eingetaucht, eine Neigung zu sinken habe, welche durch das Gegengewicht aufgehoben ward. Betrachten wir nun den Fall, wo ein Körper in der Flüssigkeit hängt, ohne irgend eine Neigung zu sinken oder zu steigen. In diesem Falle ist der Druck auf BC, Fig. 43., das Gewicht des festen Körpers sammt dem der Flüssigkeit über demselben, während der Druck auf HB gleich ist dem Gewicht der Flüssigkeit IABH, welche an Masse dem festen Körper gleicht, sammt dem Gewicht der Flüssigkeit GIAE, welche der Flüssigkeit über dem festen Körper gleich ist; und da also der Druck auf HB und BC gleich sein muß, so ist auch das Gewicht der Säulen GHBE und EBCF gleich. Nimmt man das Gewicht von GIAE und EADF davon weg, so wird der Rest, das Gewicht des festen Körpers und der an Masse ihm gleichen Flüssigkeit, ebenfalls gleich bleiben. So sehen wir denn, wie auch die Experimente zeigten, daß ein in einer Flüssigkeit hängender fester Körper dem Gewichte der von ihm verdrängten Flüssigkeit gleich sein muß.

Schließlich wollen wir den Fall betrachten, in welchem ein eingetauchter Körper eine Neigung nach oben zu steigen hat. Man befestige einen dünnen Faden unten an dem festen Körper, ziehe ihn unter einem ausgekehlten Rade R' durch, Fig. 44., leite ihn dann in die Höhe und über ein anderes ausgekehltes Rad R, und hänge ein solches Gewicht W daran, als das Streben des Körpers zu steigen aufhebt, doch nicht hinreicht, denselben sinken zu machen. Der feste Körper ABCD bleibt dann schwebend in der Flüssigkeit.

Dem Vorigen zufolge muß der Druck auf BC dem auf BH gleich sein. Der Druck auf BC ist gleich dem Gewicht des festen Körpers, der Flüssigkeit über ihm und des Gegengewichts W. Der Druck auf BH ist gleich dem Gewicht der Flüssigkeit IABH, die an Masse dem festen Körper gleich ist, sammt dem Gewicht von GEAI, welches dem Gewicht der Flüssigkeit über dem festen Körper gleich ist. Nimmt man davon GEAI und EFDA weg, so ist das, was übrig bleibt, gleich, d. h. die an Masse dem festen Körper gleiche Flüssigkeit ist gleich dem Gewicht des festen Körpers sammt dem Gegengewicht W. Daraus erhellt, daß ein an Masse dem festen Körper gleicher Theil der Flüssigkeit das Gewicht des festen Körpers um so viel übersteigt, als hinreichend ist, den festen Körper am Steigen zu hindern und ihn in dem Wasser schwebend zu erhalten. Und daraus folgt denn, wie bereits durch Experimente dargethan ist, daß ein fester Körper, welcher leichter ist als eine an Masse ihm gleiche Flüssigkeit, eingetaucht, eine Neigung zu steigen hat, mit einer Kraft, welche der Differenz zwischen seiner Schwere und der der ihm an Masse gleichen Flüssigkeit ist. — Philosophischer betrachtet, gründet sich dieses auf die unterscheidende Eigenthümlichkeit, nach welcher Flüssigkeiten den Druck ausüben, und das ist dieselbe Eigenthümlichkeit, von welcher der ruhige Zustand aller Theile einer Flüssigkeit abhängt.

§. 56.

Wir haben bisher nur die Fälle erwogen, in welchen der feste Körper ganz eingetaucht war. Die Wirkungen einer theilweisen Eintauchung sind in jeder Hinsicht ähnlich, und beruhen auf denselben Grundsätzen.

ABCD, Fig. 45., sei ein fester Körper, welcher theilweis in eine Flüssigkeit gesenkt liegt, deren Oberfläche LM ist, und dessen Neigung, nach unten zu sinken, die er hat, durch das Gegengewicht W aufgehoben wird. Sobald der feste Körper das Gleichgewicht hat, muß die Lage L'M' der Flüssigkeit, welche unmittelbar unter seiner Basis ist, nach jeder Seite hin einen gleichmäßigen Druck erleiden. Der Druck auf BC ist gleich dem Gewicht des festen Körpers, vermindert durch das Gegengewicht W.

HB sei ein BC gleicher Theil dieser Schicht, so ist hier der Druck, der dem frühern gleich ist, das Gewicht der Säule GHBE. Diese Säule ist offenbar gleich dem Gewicht der durch den festen Körper verdrängten Flüssigkeit, und daraus folgt, daß das Gewicht der von dem festen Körper verdrängten Flüssigkeit gleich ist dem durch das Gegengewicht verminderten Gewicht des festen Körpers; oder, was dasselbe ist, die Schwere des Gegengewichts ist gleich dem Uebergewicht des festen Körpers über das Gewicht der von ihm verdrängten Flüssigkeit. So findet denn dieselbe Eigenthümlichkeit bei der theilweisen, wie bei der totalen Eintauchung des festen Körpers statt.

Dies Resultat wird durch ein Experiment bewahrheitet, wenn man den Faden, welcher den festen Körper ABCD trägt, an dem Arm einer Wage befestigt und so das Gewicht des Körpers ermittelt. Ist dies geschehen, und die Höhe der Oberfläche LM beobachtet, so nehme man den festen Körper aus der Flüssigkeit weg und das Gegengewicht am andern Arme wird denselben nicht länger halten können. Dann füge man zu dem Gewicht so viel hinzu, daß es denselben trägt, und nehme eine Quantität Wasser, deren Gewicht diesem hinzugefügten Gewichte gleich ist. Gießt man diese Quantität in das Gefäß, so stellt sie die vorige Höhe LM wieder her; woraus folgt, daß diese Quantität an Größe dem eingetauchten Theile des festen Körpers gleich ist.

Hat der theilweis eingetauchte Körper keine Neigung zu sinken, noch zu steigen, so ist ein Gegengewicht nicht nöthig. In diesem Falle ist der Druck auf BC, Fig. 46., gleich dem Gewicht des festen Körpers; und derselbe Druck auf HB gleich dem Gewicht der von dem festen Körper verdrängten Flüssigkeit. Daraus folgt, daß, wenn ein fester Körper auf einer Flüssigkeit schwimmt, er eben so viel Flüssigkeit verdrängt, als seinem Gewichte gleich ist.

Dies wird durch ein Experiment noch deutlicher werden. Man wäge vorher einen auf einer Flüssigkeit schwimmenden festen Körper, eben so messe man einen Theil der Flüssigkeit ab, so daß er dasselbe Gewicht hat, beobachte ferner die Höhe der Flüssigkeit in dem Gefäße, und messe die Veränderung derselben, welche durch den auf ihr schwimmenden Körper hervorgebracht wird, so wird man finden, daß dieselbe Veränderung der Höhe hervorgebracht wird, wenn man in das Gefäß so viel Flüssigkeit gießt, als dem Gewicht des festen Körpers gleich ist.

Man nehme an, daß ein theilweis eingetauchter fester Körper eine Neigung emporzusteigen habe. Diese werde durch das Gegengewicht W, Fig. 47., aufgehoben, welches den festen Körper niederzieht. Der Druck auf BC ist hier gleich dem Gewicht des

festen Körpers sammt dem Gewicht W; und dieses ist, wie vorhin, gleich dem Gewicht von GEBH, der von dem festen Körper verdrängten Flüssigkeit. Hieraus folgt, daß W, welches das Streben des festen Körpers emporzusteigen ausdrückt, gleich ist dem Uebermaß des Gewichts der von dem festen Körper verdrängten Flüssigkeit über das Gewicht des festen Körpers.

Dies wird ebenfalls durch ein Experiment deutlich, wenn man das Gewicht W wegnimmt, und den Faden an einen Wagebalken knüpft. Alsdann wird man finden, daß das Gegengewicht sammt dem Gewicht des festen Körpers gleich ist dem Gewicht von eben so viel Flüssigkeit, als dieselbe Veränderung der Höhe hervorbringen würde, welche durch das theilweise Einsenken des festen Körpers bewirkt wurde.

Die daraus hergeleiteten Folgerungen sind so wichtig, daß es von Nutzen ist, dieselben hier zu wiederholen.

Wird ein fester Körper in eine Flüssigkeit getaucht, mag dies ganz oder theilweis geschehen, so hat er eine Neigung zu sinken, wenn sein Gewicht größer ist, als das der von ihm verdrängten Flüssigkeit.

Dagegen hat er eine Neigung zu steigen, wenn sein Gewicht kleiner ist, als das der von ihm verdrängten Flüssigkeit.

Er hat ferner weder eine Neigung zu steigen, noch zu sinken, wenn sein Gewicht der von ihm verdrängten Flüssigkeit gleich ist.

Kein fester Körper kann auf der Oberfläche einer Flüssigkeit schwimmen, wenn er schwerer ist als eine an Masse ihm gleiche Flüssigkeit, weil es zum Schwimmen nothwendig ist, daß die verdrängte Flüssigkeit mit ihm gleiches Gewicht habe, was aber nicht stattfinden kann, wenn das Gewicht des festen Körpers größer ist als das der an Masse ihm gleichen Flüssigkeit.

In welcher Lage ein Körper auch schwimmt, er wird stets dieselbe Wassermasse verdrängen, weil er stets einen seinem eignen Gewichte gleichen Wassertheil verdrängt.

Die Wirkung, welche das Eintauchen hervorbringt, besteht also in jedem Falle darin, daß das scheinbare Gewicht verringert, das wirkliche dagegen vermehrt wird.

§. 57.

Die Unterstützung, welche ein fester Körper so von einer Flüssigkeit erhält, ist eine Wirkung, welche man mit dem Ausdruck »Schwimmfähigkeit« bezeichnet. Aus den eben gezogenen Resultaten erhellt, daß ein fester Körper in einer Flüssigkeit schwimmfähig ist, je nachdem er leicht und die Flüssigkeit schwer ist. So wird derselbe Körper in Quecksilber leichter schwimmen, als in Wasser, eben so Korkholz in derselben Flüssigkeit leichter als Blei. Eben so wird ein Körper, der in einer Flüssigkeit

genug Schwimmfähigkeit hat, in einer andern sinken, wie z. B. Glas in Wasser sinken, in Quecksilber aber schwimmen wird, und so fort.

Wird an einen schweren Steinblock auf dem Boden eines Wasserbehälters ein Seil gebunden, so kann ein einziger Mann denselben in die Höhe ziehen; sobald aber ein Theil desselben über die Oberfläche ragt, reicht diese Kraft nicht mehr aus; die Unterstützung des Wassers fehlt, und es ist nun eben so viel Kraft mehr erforderlich, als dem Gewicht des verdrängten Wassers gleich ist. Sehr deutlich zeigt sich dies bei Wasserbauten, da der Arbeiter Lasten unter dem Wasser bewegen kann, die er über demselben nicht von der Stelle bewegen könnte. Solche Operationen werden durch eine Taucherglocke bewerkstelligt, eine Erfindung, welche in einem folgenden Theile dieses Werks erklärt werden wird. Hat ein Mann auf diese Weise eine beträchtliche Zeit unter Wasser gearbeitet, so scheint es ihm, als sei er ganz besonders schwach und kraftlos. Alles was er aufzuheben versucht, kommt ihm ungewöhnlich schwer vor, ja es macht ihm sogar Mühe, seine eignen Beine zu bewegen.

§. 58.

Jeder wird beim Baden die Bemerkung gemacht haben, welch ein geringes Gewicht auf seinen Füßen ruht. Ist das Wasser so tief, daß der Körper bis zu den Schultern sich darin befindet, so bemerken die Füße kaum, daß sie den Boden berühren, so daß der Mangel an hinlänglichem Gewicht den Körper leicht in die Höhe treibt. Will man einen Fluß mit starker Strömung durchwaten, so ist Gefahr dabei, selbst wenn sich ein bedeutender Theil über der Oberfläche befindet. Da der Druck auf den Boden vermindert ist, so haben die Füße keinen sichern Halt auf dem Grunde, und die Kraft des Stroms, welche auf den eingetauchten Theil wirkt, ohne den über der Oberfläche befindlichen zu afficiren, hat eine Neigung, erstern mit sich fortzuführen.

Ein, wenn auch aus einem schweren Material bestehender, Körper kann so geformt werden, daß er auf einer, sogar leichten, Flüssigkeit schwimmt. Dies zu bewirken, gebe man ihm nur solche Gestalt, daß er eine Quantität Wasser verdrängt, welche eben so viel größer als seine absolute Masse ist, als sein Gewicht das einer ihm an Masse gleichen Flüssigkeit übersteigt. So schwimmt ein Becken von Porzellan, Blech u. s. w. auf Wasser, wenn es mit seiner convexen Seite auf die Flüssigkeit gesetzt wird. Da das Wasser von dem Innern des Beckens ausgeschlossen ist, so wird dadurch eben so viel Wasser verdrängt werden, als dem eingetauchten Theile des Beckens gleich sein würde, wäre dieser angefüllt, statt daß er hohl ist. Wird das Becken aber mit seiner concaven Seite aufs Wasser gelegt, so kann es nicht mehr ver-

drängen, als seiner wirklichen Masse gleich ist; und da sein Material schwerer ist, so wird es sinken.

§. 59.

Die Methode, einem Körper, der schwerer ist als Wasser, solche Gestalt zu geben, daß er schwimmt, besteht darin, daß man ihm eine solche Form giebt, daß er, auf das Wasser gelegt, einen unter der Oberfläche der Flüssigkeit befindlichen Raum hat, welcher mit Luft oder einer andern leichtern Substanz gefüllt ist. So schwimmt ein Tassenschälchen auf dem Wasser, wenn es mit dem Boden darauf gelegt wird; beobachtet man aber die Tiefe, zu der es hinabsinkt, so findet man, daß ein Theil der Höhlung sich unterhalb der Oberfläche des Wassers befindet. Es ist also die darin befindliche, im Vergleich zum Wasser leichte, Luft, welche das Gefäß fähig macht, zu schwimmen, und daß dieses der Fall sei, mag durch folgendes Experiment bewiesen werden. Man gieße Wasser in die so schwimmende Schale, und beobachte die Höhe des Wassers in ihr und dem Gefäße, so wird man finden, daß die erstere stets unter der zweiten steht, so daß sich unterhalb der Oberfläche des Wassers des Gefäßes immer noch eine Luftschicht in den Schälchen befindet. Und dies dauert fort, bis die Schale ganz mit Wasser gefüllt ist, wo sie dann untersinkt.

Aus dem Grunde sinkt auch ein Boot oder Schiff, wenn es durch ein Leck oder dergleichen mit Wasser gefüllt ist; ist indeß das Material leichter als Wasser, so fährt es fort zu schwimmen, obgleich in größerer Tiefe. So sinkt in diesem Falle ein mit Eisen oder einer andern schweren Substanz beladenes Schiff, während ein mit Kork oder anderm Holz befrachtetes fortschwimmt.

§. 60.

Ein eisernes Boot schwimmt mit vollkommener Sicherheit; und besteht es aus doppelten Metallplatten, zwischen denen sich ein wasserleerer Raum befindet, so ist nichts im Stande, es zu versenken; denn in welcher Lage es sich auch befinden möge, stets wird es mehr Wasser verdrängen, als sein eignes Gewicht beträgt.

Eine auf diesem Grundsatz beruhende Erfindung, das Untergehen der Schiffe zu verhindern, ist kürzlich von Mr. Ralph Watson bekannt gemacht. Er schlägt vor, durch den Rumpf des Schiffes dicht verschlossene Metallröhren zu legen, und zwar so, daß sie den Ladungen und Passagierzimmern nicht im Wege sind. Entsteht nun auch ein Leck, so wird das Innere dieser Röhren doch stets von Wasser frei bleiben, und ist ihre Anzahl groß, so erhalten sie das Ganze im Schwimmen, obgleich das ganze Untertheil des Schiffes mit Wasser gefüllt ist.

§. 61.

Aus dem bisher Gesagten ist evident, daß der Grad der Tiefe, in welcher ein Schiff im Wasser geht, von der Beschaffenheit der Ladung unabhängig ist, und derselbe bleibt, so lange das Gewicht der Ladung dasselbe ist, mag diese aus Wolle, Leder, Holz oder Metall bestehen. Daher kann man das Gewicht stets danach bestimmen, wie tief das Schiff geht, und bringt man außen einen Gradmesser an, so zeigt dieser stets das Gewicht, aus welcher Substanz immer die Fracht bestehen mag.

§. 62.

Wir haben gesehen, daß ein Körper, der leichter ist, als eine Flüssigkeit, eine Neigung hat, auf die Oberfläche emporzusteigen; so wird z. B. eine mit Luft gefüllte Blase, deren Gewicht unbeträchtlich ist, will man sie niederdrücken, eben so viel Kraft erfordern, als dem Gewicht des verdrängten Wassers gleich ist.

Der Schwimmfähigkeit fester Körper bedient man sich häufig zur Regulirung von Wasserbehältern, in denen das Wasser stets eine gewisse Höhe haben muß. Schwimmt ein fester Körper auf der Oberfläche, so wird er mit derselben steigen und fallen, und wird er durch irgend etwas verhindert, mit ihr zu steigen oder zu fallen, im erstern Falle durch seine Schwimmfähigkeit, im letztern durch sein Gewicht das Hinderniß zu beseitigen streben. Der schwimmende Körper ist gewöhnlich mit einem Draht an einer Klappe befestigt. Ist nun das Gefäß bis zu einer gewissen Höhe gefüllt, so steigt der Körper so hoch, daß die Klappe sich schließt, wogegen sie im andern Falle, ist nicht genug Wasser darin, offen steht.

Auf dieses Princip gründen sich manche Erfindungen, versunkene Schiffe wieder emporzubringen. Wasserdichte, nur mit Luft gefüllte Büchsen werden durch schwere Gewichte auf den Grund des Meeres gesenkt. Sind sie dann am Schiffe befestigt, so werden die Gewichte losgemacht. Und befindet sich nun eine solche Anzahl von Büchsen, daß sie mehr Wasser verdrängen, als an Gewicht dem Schiffe und den Röhren selber gleich ist, so steigt das Ganze nach der Oberfläche empor.

Eine auf demselben Princip beruhende Maschine, Schiffe über Untiefen zu schaffen, welche Camel heißt, ist die Erfindung eines Amsterdamer Bürgermeisters, Namens Bakker. Der Mündung des Flusses Y gegenüber sind im Zuyder-See zwei Sandbänke, zwischen denen eine schmale, für breitere Schiffe gar nicht fahrbare Passage hindurchführt, und am Ende wurde der Weg so eng, daß man die Schiffe über die Bänke selbst hinüber bringen mußte. 1672 wurden breite mit Wasser gefüllte Kasten an dem Boden des Schiffes befestigt; darauf wurde das Wasser ausgepumpt, so daß sie eine Schwimmfähigkeit oder eine Kraft

nach aufwärts zu steigen erhielten, welche dem Gewicht des verdrängten Wassers gleich war; so wurden die Schiffe denn emporgehoben und fähig, über das Hinderniß hinzufahren. Einer ähnlichen Erfindung, die indeß nicht so vollkommen und wirksam war, hatte sich vorher schon in Rom ein holländischer Ingenieur, Namens Meyer, bedient.

Der Camel, dessen Grundidee wir eben angegeben haben, besteht aus zwei breiten, hohlen Kasten, welche so eingerichtet, daß sie das Schiff entlang gehen und so gestaltet sind, daß sie an den Seiten genau anliegen und nach außen viereckig sind. Mit Wasser gefüllt, sinken sie, und lassen sich ohne Schwierigkeit durch Taue am Kiel befestigen; dann wird das Wasser ausgepumpt, und das Schiff steigt in die Höhe. Ein Ostindienfahrer, der 15 Fuß tief ging, wurde vermittelst dieser Maschine so hoch gehoben, daß er nur noch 11 Fuß tief ging; und die größesten Kriegsschiffe in holländischen Diensten, von 90 bis 100 Kanonen, wurden dadurch stets in den Stand gesetzt, alle Sandbänke im Zuydersee zu passiren. In Venedig und Rußland bedient man sich ebenfalls dieser Maschinen.

Rettungsinstrumente bei Unfällen zur See werden nach demselben Grundsatz construirt. Man verfertigt eine biegsame Röhre aus Tuch, das mit einer Auflösung von Kautschuk präparirt ist, wodurch es von Luft und Wasser undurchdringlich wird, auch im Wasser nicht auflösbar ist. Sie ist so lang, daß sie um die Kleider reicht und ist oben mit einem Knopfe versehen. An dem einen Ende der Röhre befindet sich ein Mundstück und eine Klappe, durch welche man Wind hineinblasen kann; dadurch wird sie leichter als eine an Masse ihr gleiche Quantität Wasser; und legt man sie unter den Armen durch, so giebt sie dem Körper solche Schwimmfähigkeit, daß der obere Theil der Person beständig über Wasser gehalten wird.

Der Nutzen dieser Erfindung bei Unglücksfällen zur See, zumal wenn sie in der Nähe der Küste geschehen, kann noch erweitert werden. Man verfertige eine lange Röhre von wasserdichtem Zeuge und von solcher Größe, daß sie, aufgeblasen, Schwimmfähigkeit genug hat, eine beträchtliche Anzahl Personen zu tragen. Unaufgeblasen nimmt dieser Apparat einen sehr kleinen Raum ein, und eine Quantität solcher Röhren, welche hinreichend wäre, die ganze Schiffsmannschaft zu sichern, würde weder kostspielig, noch hinderlich sein. Rathsam dürfte es sein, einen großen Luftschlauch dieser Art in mehre abgesonderte Zellen zu theilen, damit, wenn er irgendwo reißt, das Ganze darunter nicht leidet.

§. 63.

Das Gewicht des menschlichen Körpers ist beinahe einer an

Masse ihm gleichen Quantität Wasser gleich; seine Größe indeß ist, des Athmens wegen, einem kleinen Wechsel unterworfen. Sind die Lungen aufgeblasen, so ist der Umfang des Körpers größer, als nachdem sie wieder zusammengesunken. Wahr ist es, daß in diesem Falle sowohl sein Gewicht als seine Größe zunimmt; aber die Aenderung des Gewichts ist nur gering, und beträgt nicht mehr als einige Gran Luft, die ein- und ausgeathmet werden. Die Aenderung des Umfangs indeß bringt eine merkliche Wirkung hervor, wenn der Körper in die Flüssigkeit getaucht wird.

Ist die Brust mit Luft gefüllt, so ist der Körper leichter als Wasser, und wird er in Wasser getaucht, so wird er sein eignes Gewicht Wasser verdrängen, ehe er völlig untersinkt. Ist der Kopf nach oben gerichtet und zurückgebogen, so daß Mund und Nase im Verhältniß zum übrigen Körper die möglichst höchste Lage haben, so schwimmt eine Person mit etwa dem halben Kopfe über dem Wasser, wenn die Brust mit Luft gefüllt ist; athmet sie aber aus, so fallen die Lungen zusammen, wodurch der Umfang der Brust verringert wird. Ein auf dem Wasser schwimmender, lebender Körper ist daher in einer fortwährenden Bewegung, indem er abwechselnd steigt und fällt; diese Wirkung wird noch durch die Trägheit (inertia) des Körpers vermehrt, denn wenn er sinkt, wird er damit nicht eher aufhören, bis er eine seinem Gewicht gleiche Wassermenge verdrängt hat, ja er wird auch dann noch sinken, bis das zunehmende Gewicht des verdrängten Wassers ihn wieder in die Höhe treibt. Dies kann man beobachten, wenn man einen Kork tiefer ins Wasser drückt, als er gewöhnlich zu schwimmen pflegt.

Hieraus entspringt eine der Schwierigkeiten beim Schwimmen; denn bei dem Schwanken des Körpers kann leicht das Athmen gehindert werden; daher ist dann eine leichte Bewegung der Hände oder Füße nöthig, dem nach jedem Ausathmen folgenden Sinken zu widerstehen.

Je leichter ein Körper im Verhältniß zu seiner Größe ist, desto leichter schwimmt er, und ein desto größerer Theil des Kopfes bleibt über der Oberfläche. Da das Gewicht aller menschlichen Körper nicht in demselben Verhältniß zu ihrer Größe steht, so kann man die Geschicklichkeit eines Schwimmers nicht immer nach dem sichtbaren Erfolge berechnen; einige Bestandtheile des menschlichen Körpers sind leichter, andere schwerer als eben so viel Wasser. Diejenigen, bei denen erstere vorherrschend sind, schwimmen auch verhältnißmäßig leichter.

Meerwasser besitzt eine größere Tragbarkeit, als süßes Wasser, da es schwerer ist, und daher sagt man gewöhnlich, man schwimme im Meere leichter als in einem Flusse; indeß erscheint

diese Meinung als übertrieben. Ein Cubikfuß süßes Wasser wiegt etwa 1000 Unzen, dieselbe Quantität Meerwasser 1028 Unzen; die Differenz beträgt also nur 28 Unzen. Die Kraft des Meerwassers, einen Körper zu tragen, übersteigt die des süßen Wassers also nur um den 36sten Theil der ganzen Kraft des letztern.

Wir haben bewiesen, daß, in welcher Stellung auch ein Körper schwimmt, sich stets dieselbe Masse unter Wasser befindet; daraus folgt, daß, wenn die schwimmende Person ihre Hand über das Wasser erhebt, ein gleicher Theil des Kopfes sinken muß. Daher wird die Gefahr für Ertrinkende gesteigert durch die unwillkürliche Anstrengung, mit welcher sie ihre Arme emporstrecken.

§. 64.

Die Körper einiger Thiere sind bedeutend leichter als eine ihnen gleiche Wassermasse, z. B. Enten, Gänse, Schwäne, Wasserhühner. Die Federn, mit denen sie bedeckt sind, tragen viel zu ihrer Schwimmfähigkeit bei; und in einigen Fällen wird ein sehr kleiner Theil ihres Körpers eine an Gewicht ihnen gleiche Wassermenge verdrängen.

Fische können ihre Masse vermittelst Ausdehnung einer in ihnen befindlichen Luftblase verändern, also nach Belieben eine größere oder geringere Quantität Wasser verdrängen. Vergrößern sie ihre Masse, so daß sie mehr Wasser verdrängen, als ihr eignes Gewicht beträgt, so steigen sie; verkleinern sie dagegen ihre Dimensionen, so daß sie weniger Wasser verdrängen, als ihr eignes Gewicht beträgt, so sinken sie auf den Boden.

Ertrinkt ein menschlicher Körper, so ist er anfangs schwerer, weil die Luft aus den Lungen getrieben ist, weßhalb er auf dem Boden bleibt. Die Verwesung erzeugt dann aber Gas, wodurch der Körper aufschwillt, und dermaßen an Umfang zunimmt, daß er mehr Wasser verdrängt, als sein eignes Gewicht beträgt, und steigt deßhalb nach oben. Zerspringen die Gefäße, in welcher sich dieses so erzeugte Gas befindet, so ziehen sich die Dimensionen wieder zusammen und der Körper sinkt von neuem.

§. 65.

Auf diesem Princip beruht manches Spielwerk. Man construirt eine kleine Glaskugel in der Gestalt eines Ballons, der hohl und dessen unterer Theil offen ist; er wird, mit der Oeffnung nach unten, ins Wasser getaucht, so daß die darin eingeschlossene Luft verhindert, daß das Wasser bis über einen gewissen Punkt hineindringe. Dieser Ballon wird schwimmend auf die Oberfläche von Wasser gelegt, das in einem tiefen, bis beinahe zur Spitze hinauf gefüllten Glase enthalten ist. Ueber die Spitze wird eine Blase gezogen, so daß ein schmaler Luftraum

zwischen ihr und dem Wasser bleibt. Drückt man nun mit der Hand auf die Blase, so wird dieser Druck von der Luft auf das Wasser und von dem Wasser auf den Ballon fortgeführt; da die Luft elastisch ist, so weicht sie dem Druck und zieht ihre Dimensionen zusammen, indem sie einer größern Wassermenge Zutritt in den Ballon gestattet; auf diese Weise verdrängt letzterer eine geringere Quantität Wasser, während sein eigenes Gewicht, mit Einschluß der in ihm befindlichen Luft, unverändert bleibt, so daß er langsam nach dem Boden sinkt. Läßt man nach, auf die Blase zu drücken, so dehnt sich die Luft in dem Ballon wieder aus, es wird mehr Wasser verdrängt, und der Ballon steigt wieder langsam in die Höhe.

Schließt ein fester Körper, welcher dem Druck der Flüssigkeit, in der er sich befindet, ausgesetzt ist, Luft ein, so steigt er zur Oberfläche, wenn er nur bis zu einer gewissen Tiefe eingesenkt ist; wird er aber so tief eingesenkt, daß der hydrostatische Druck der ihn umgebenden Flüssigkeit die Luft in ihm so verdichtet, daß er eine geringere Quantität Wasser verdrängt, als sein eignes Gewicht beträgt, so kann er nicht länger steigen. — Es ist bekannt, daß durch das Gefrieren das Wasser beträchtlich an Umfang zunimmt; so wird eine Quantität Wasser, welche bei einer Temperatur von 40° Einen Cubikzoll mißt, bedeutend größer sein, wenn es bei einer Temperatur von 32° die Gestalt des Eises annimmt. Folglich ist das Eis leichter als Wasser, weßhalb es auch stets auf der Oberfläche des Wassers schwimmt.

Eine besondere Wirkung der Schwimmfähigkeit des Eises auf dem Wasser beobachtet man bei einigen großen Strömen Amerika's. Es umzieht oft Steine auf dem Boden des Flusses, und bildet sich dann in solcher Masse, daß der durch seine Schwimmfähigkeit erzeugte Druck nach oben bei weitem das Gewicht des Steines übersteigt, es also den Stein auf die Oberfläche hebt. So sieht man oft große Massen Stein und Eis beträchtlich weit von dem Orte wegschwimmen, wo sie sich bildeten.

Sechstes Capitel.

Von verschiedenen Flüssigkeiten in Gefäßen, die mit einander in Verbindung stehen.

Leichtere Flüssigkeiten schwimmen oben. — Oel, Wasser und Quecksilber. — Milchschaum. — Bestandtheile des Bluts. — Oel und Spiritus. — Wasser und Wein. — Wasser in einer gefrornen See ist auf dem Boden minder kalt als an der Oberfläche. — Eine Flüssigkeit kann an der Oberfläche kochen, während die untern Theile kalt sind. — Methode, Hitze zum Kochen von

Flüssigkeiten anzuwenden. — Methode, Eis zum Abkühlen des Weins zu benutzen. — Verschiedene Flüssigkeiten in einer gebogenen Röhre. — Methode, Wasser steigen zu machen, indem man es mit Luft schwängert.

§. 66.

Alles was in dem vorhergehenden Capitel hinsichtlich des Steigens und Fallens fester Körper in Flüssigkeiten gesagt wurde, ist auch auf zwei und mehr Flüssigkeiten in demselben Gefäße anwendbar. Vorausgesetzt, daß keine chemische Verbindung zwischen ihnen stattfindet, wird die leichtere stets auf der schwereren schwimmen. Befinden sich mehr als zwei Flüssigkeiten in demselben Gefäße, so ordnen sie sich nach ihrem Gewicht, so daß sich das leichtere stets über dem schwerern befindet.

Mischt man Oel und Wasser zusammen, so werden sie sich sogleich wieder trennen, wenn man zu schütteln aufhört. Thut man Quecksilber zu der Mischung, so nimmt dieses den niedrigsten Platz ein, dann kommt das Wasser, und ganz oben das Oel.

Diese Wirkungen dienen nur als Beweise des Princips, welches bereits hinlänglich erklärt wurde. Läßt man ein Gefäß mit Milch eine Zeit lang in Ruhe, so bemerkt man, daß sich auf der Oberfläche eine Schicht Flüssigkeit bildet, welche in mehrfacher Hinsicht von der eigentlichen Milch verschieden ist. Man nennt sie Sahne, Rahm, Flott, und die Eigenschaft, vermöge welcher sie nach oben steigt, ist ihre verhältnißmäßige Leichtigkeit. Sie besteht aus den leichtesten Theilen der Milch, die sich im Zustande der Ruhe allmäblig auf die Oberfläche erheben.

Läßt man Blut von einem Kranken eine Zeit lang ruhig in einem Gefäße stehen, so zergeht es in drei Theile, die sich nach Verhältniß ihres Gewichts über einander ordnen. Das schwerste Element, Serum, bleibt auf dem Boden, darüber befindet sich das Coagulum, eine leichtere Substanz, und ganz oben endlich der leichteste Theil.

Wird Oel mit Alkohol oder dergleichen zusammen gethan, so bleibt es auf dem Boden. Ein schwacher Spiritus ist schwerer als ein starker und seine Stärke kann so reducirt werden, daß er nicht einmal mehr auf Oel schwimmt. Darnach kann man die Stärke desselben abmessen.

Da alle Spiritusarten leichter sind als Wasser, so schwimmen sie auf demselben, wenn sie nicht damit zusammengeschüttelt werden. Ist ein Gefäß halb mit Wasser gefüllt, wird dann ein Stück Papier auf seine Oberfläche gelegt, und Wein darauf gegossen, so bleibt der Wein, zieht man das Papier leise weg, oben darauf und das Wasser unten. Wird dagegen das Gefäß zuerst mit Wein gefüllt und das Wasser darauf gegossen, so sinkt es sogleich durch den Wein und vermischt sich mit ihm, da ihre chemische Verwandtschaft das Aufsteigen des Weins verhindert. Durch

folgende Erfindung indeß geschieht es, daß Wein und Wasser ihre Stellen wechseln, ohne sich zu vermischen.

A und B, Fig. 48., seien zwei Gefäße, die durch einen engen Hals mit einander in Verbindung stehen. E sei eine Röhre aus dem untern Gefäß B in das obere A und D eine Röhre aus dem obern Gefäß A in das untere B; jede Communication außer diesen Röhren muß verschlossen sein. B werde bis zum Halse C mit Wasser gefüllt, A mit Wein bis über die Mündung von E. Das Wasser in dem untern, und der Wein in dem obern Gefäße werden so in dem Halse C mit einander in Berührung stehen, doch stets getrennt bleiben. Dann leere man die Gefäße wieder, und fülle das untere mit Wein, das obere mit Wasser; dann drückt das Wasser auf den Wein und treibt ihn durch die Röhre E, so daß er allmählig in das obere übergeht, während das Wasser sich unten senkt. Besteht der untere Theil des Gefäßes aus einer undurchsichtigen Masse, so kann man sich solch eines Gefäßes als eines Zaubergefäßes bedienen, durch welches Wasser augenscheinlich in Wein verwandelt wird.

Die Thatsache, daß Wasser in der Temperatur zwischen dem Gefrierpunkte und dem 40sten Grade leichter ist, als bei höhern Temperaturen, ist bereits bemerkt. Es folgt daraus, daß Wasser in dieser Temperatur auf anderm von höherer Temperatur schwimmt; und da dieses Element ein schlechter Wärmeleiter ist, so kann das Wasser am Boden eines See's eine gemäßigte Temperatur haben, während oben die stärkste Kälte herrscht. — Eben so wird das Wasser durch Hitze ausgedehnt und dadurch leichter; deßhalb sinkt heißes Wasser nicht in kaltes, und die unvollkommne Art, auf welche das Wasser die Wärme leitet, verhütet, daß auf die untere Lage von der warmen Oberfläche eingewirkt wird.

Wird dagegen das Wasser auf dem Boden eines Gefäßes erhitzt, so wird es durch die Ausdehnung leichter als das darüber befindliche kalte Wasser, weßhalb es auf dieselbe Weise in die Höhe steigt, wie z. B. Oel. Die obere und untere Schicht wechseln also ihre Stellen, und da das vorhin kalte dann, auf dem Boden angekommen, ebenfalls erhitzt wird, während das obere sich abkühlt, so wechseln sie von neuem, so daß sie in beständiger Bewegung bleiben. — Hat eine Flüssigkeit eine gewisse Temperatur erreicht, welche bei derselben Flüssigkeit stets dieselbe bleibt, die aber bei verschiedenen Flüssigkeiten verschieden ist, so ist eine Steigerung derselben unmöglich. Wird ein damit gefülltes Gefäß auf Feuer gesetzt, so wird dadurch die Flüssigkeit nicht heißer, sondern nur in Dämpfe aufgelöst, und zwar der unten befindliche Theil zuerst, der nun, in Blasen mit großer Schnelligkeit aufsteigend, da er mehrere hundert Mal leichter ist, die Bewegung auf

der Oberfläche des Wassers hervorbringt, welche man das Kochen nennt.

Daraus wird denn auch einleuchtend, daß durch dieses fortwährende Steigen und Fallen die ganze Masse endlich jenen Grad von Hitze erreicht, dessen sie fähig ist. Darauf beruht ein Apparat, Gebäude zu erwärmen. Ein kleiner wasserdichter Metallkessel wird in dem niedrigsten Theile des Gebäudes auf Wasser gesetzt. Aus diesem Kessel geht eine Röhre in jeder Richtung die Wände entlang durch alle Zimmer. Der Kessel und die Röhren sind ganz mit Wasser gefüllt. Das erhitzte Wasser steigt nun aus dem Kessel durch die Röhren und wird durch kaltes Wasser ersetzt, und dies währt fort, bis das Wasser in allen Röhren zum Siedepunkte gebracht ist; dadurch wird denn am Ende das Metall der Röhren erhitzt und theilt der Luft seine Wärme mit.

Werden dieselben Röhren an geeigneten Orten mit Hähnen versehen, so liefern sie heißes Wasser für Bäder und andere Zwecke.

Derselbe Grund führt auch zu dem Schlusse, daß, will man eine Flüssigkeit abkühlen, der kühlende Gegenstand oben angebracht werden muß. Stellt man den untersten Theil eines Gefäßes mit einer abzukühlenden Flüssigkeit in Eis, so wird die Schicht in der Nähe des Bodens abgekühlt werden, während die obere Schicht ihre frühere Temperatur beibehält. Wird dagegen die obere Schicht mit Eis umgeben, so wird sie zuerst abgekühlt, und weil sie dadurch schwerer wird, so sinkt sie, während der wärmere Theil in die Höhe steigt. Und dies dauert fort, bis alle Theile gleichmäßig abgekühlt sind.

Daraus erhellt, daß, bedient man sich des Eises zur Abkühlung des Weins, dieses unwirksam ist, wenn man nur den Boden der Flasche damit in Verbindung setzt.

§. 67.

Wir haben gezeigt, daß dieselbe Flüssigkeit in mit einander communicirenden Gefäßen stets gleiches Niveau hat. Diese Eigenschaft hängt von dem Umstande ab, daß Säulen von gleicher Höhe auch gleiches Gewicht haben; daraus folgt, daß, wenn mit einander communicirende Gefäße verschiedene Flüssigkeiten enthalten, von denen gleiche Säulen verschiedenes Gewicht haben, dieselben nicht in gleichem Niveau stehen. Die leichtere Flüssigkeit wird höher stehen, weil eine Säule derselben, die der schwerern Flüssigkeit das Gleichgewicht halten soll, höher sein muß, und zwar in dem nämlichen Verhältniß, in welchem die Flüssigkeit leichter ist. Dies wird durch folgende Erläuterung deutlicher werden.

BB′ Fig. 49., sei eine horizontale Röhre, welche mit zwei senkrechten Röhren **AB** und **A′B′** in Verbindung steht und bei **B′** einen Hahn hat. Die horizontale Röhre **BB′** fülle man mit

Quecksilber, und gieße zwei Flüssigkeiten, die beide leichter sind als Quecksilber und verschiedenes Gewicht haben, in die Röhren, AB und A'B' zu der Höhe von C und C. Es ist klar, daß der Hahn B' durch das Gewicht der Säule C'B' niedergedrückt wird; desgleichen, daß das Quecksilber in B durch das Gewicht der Säule CB niedergedrückt wird, welcher Druck durch das Quecksilber auf den Hahn B' fortgepflanzt wird. Der Hahn ist also der Wirkung zweier entgegengesetzten Drucke ausgesetzt. Ist der eine derselben stärker als der andere, so wird eine entsprechende Bewegung stattfinden, wenn man den Hahn öffnet; so würde, wenn z. B. das Gewicht der Säule C'B' größer wäre als das von CB, das Quecksilber nach B gedrückt werden, und die Flüssigkeit in CB in die horizontale Röhre treten, und umgekehrt. Sollen also die Flüssigkeiten in den beiden senkrechten Röhren im Gleichgewicht stehen, so müssen die beiden Säulen der Flüssigkeit gleiches Gewicht haben; dann mag der Hahn offen oder geschlossen sein, das Niveau wird immer gleich sein.

Daraus erhellt, daß die Oberflächen C und C' nicht eher gleiches Niveau haben, bis die Flüssigkeiten in den beiden aufrecht stehenden Röhren gleiches Gewicht haben. Die mit einander communicirenden Röhren haben wir als von gleicher Größe dargestellt; aber aus §. 38. sieht man, daß Flüssigkeiten, die in einem gleichviel wie gestalteten und gestellten Gefäße enthalten sind, stehen sie im Gleichgewicht, stets in der Höhe ihrer Oberflächen sich nach den eben dargelegten Principien richten werden. Die Oberflächen der leichtern Flüssigkeiten werden höher stehen als die der schwerern, in dem Verhältniß, als sie ein geringeres Gewicht haben.

ABC, Fig. 50., sei eine gebogene Röhre, die an den Enden A und C offen ist, und in welche Oel und Wasser gegossen wird. S sei die Oberfläche des Wassers, auf welcher das Oel ruht, und SM eine horizontale Linie, welche man von da abzieht. Würde das Oel aus dem Schenkel AB und eben so das Wasser über M aus dem Schenkel CB entfernt, so würde das Wasser unter SM in der gebogenen Röhre im Gleichgewicht bleiben, so daß die Oberflächen SM gleiches Niveau haben. Damit dieses Gleichgewicht fortbestehe, wenn Oel in den Schenkel AB und Wasser in CB gegossen wird, muß der Druck, welchen diese Flüssigkeiten auf S und M ausüben, gleich sein; aber der Druck in S ist gleich dem Gewicht einer Oelsäule, deren Höhe SN, und der Druck in M gleich dem Gewicht einer Wassersäule, deren Höhe MP ist, wie in §§. 37. 38. rc. bewiesen worden. Daher muß die Höhe SN größer sein als die Höhe MP in demselben Verhältniß, als das Wasser schwerer ist, denn das Oel, und so mit allen übrigen Flüssigkeiten.

Die Eigenschaft, wodurch die kürzere Säule eines schwerern Fluidums die längere eines leichtern trägt, hat Dectot zu von ihm erfundenen Maschinen, die er Hydreolen nennt, benutzt, um Wasser über sein natürliches Niveau zu treiben. In ihnen ist, durch eine ingenieuse Erfindung, das Wasser mit Luft vermischt, die Mischung folglich leichter als bloßes Wasser, weßhalb eine kürzere Säule des letztern eine längere des erstern tragen wird. Es giebt verschiedene Methoden, das Fluidum mit Luft zu impregniren; die eine namentlich besteht darin, daß man durch eine durchlöcherte Platte vermittelst eines Blasebalgs Luft in das Wasser treibt. Eine aufrecht stehende, diese so mit Luft impregnirte Wasser enthaltene Röhre steht mit einem Behälter in Verbindung, der reines Wasser enthält: so wird die Flüssigkeit in dieser senkrechten Röhre um so viel höher stehen, denn das Wasser in dem Behälter, als reines Wasser schwerer als das so mit Luft geschwängerte. Der Behälter hat den doppelten Zweck, dem Wasser Zufluß zu geben und es in der Röhre empor zu treiben; denn so wie es aus dem Behälter in die Röhre geht, trifft es mit den Luftkügelchen zusammen, welche es impregniren.

Siebentes Capitel.

Gleichgewicht schwimmender Körper.

Bedingungen des Gleichgewichts. — Fälle von stabilem, instabilem und neutralem Gleichgewicht. — Beweis durch Experimente. — Auf dem Wasser gehen. — Rettungsinstrumente. — Stabilität der Schiffe. — Anordnung der Ladung. — Ballast. — Gefahr des Aufstehens in keinem Kahne. — Neigung eines segelnden Schiffes. — Wie man dieselbe bei Dampfschiffen vermeidet.

§. 68.

Die Umstände, unter welchen ein fester Körper in einer Flüssigkeit sinken, steigen oder schweben wird, sind im vierten Capitel hinlänglich erläutert. Doch reichen dieselben nicht hin, um den Zustand eines Körpers hinsichtlich seiner Bewegung oder Ruhe genau zu bestimmen. Ein Körper kann im Gleichgewicht sein in Bezug auf eine perpendiculaire Bewegung nach oder von der Oberfläche einer Flüssigkeit, d. h. braucht weder zu sinken noch zu steigen, sondern nur nicht gerade in einem Zustande absoluter Ruhe zu sein. Doch auch damit, daß man sagt, ein Körper steige oder falle mit einer gewissen Kraft, beschreibt man seinen Zustand nicht genau; denn während er steigt oder fällt, kann er zugleich noch andere Bewegungen haben, z. B. schräge oder

radförmige. Um also alle Umstände auszudrücken, welche auf einen eingetauchten Körper Bezug haben, muß man alle hier angeführten Einzelheiten zu erforschen suchen.

Die Bewegungen, denen ein fester Körper ausgesetzt ist, lassen sich im Allgemeinen auf zwei zurückführen. In progressiver Bewegung werden alle Theile des festen Körpers in parallelen Linien vorwärts geführt; in der radförmigen Bewegung bleibt der Körper an derselben Stelle und dreht sich um seinen Mittelpunkt. ABCD, Fig. 51., sei ein fester Körper, EF und E'F' die Richtungen zweier Kräfte, welche in parallelen, doch entgegengesetzten Richtungen darauf einwirken. Sind diese beiden Kräfte gleich, so ist einleuchtend, daß sie dem Körper keine Bewegung in der Richtung von EF oder E'F' geben können; denn die Kraft eines Pfundes, die den Körper nach Norden und eine gleiche Kraft, welche ihn nach Süden drängt, können offenbar weder in der einen noch in der andern Richtung eine Bewegung hervorbringen.

Die Wirkung zweier Kräfte, wie wir in Fig. 51. wirkend angenommen haben, wird den Körper in eine radförmige Bewegung in der Richtung ABCD bringen.

Sind dagegen die Kräfte gleich, wirken aber, statt in paralleler, in derselben geraden Linie und in entgegengesetzter Richtung, so neutralisiren sie sich gegenseitig, weßhalb denn der Körper ruhig bleibt.

Sind die Kräfte ungleich, so wird sich der Körper zunehmend in der Richtung der stärkern Kraft bewegen; da die Kräfte aber nicht in gerader Linie sind, so würde der Körper ebenfalls eine radförmige Bewegung in Richtung ABCD erhalten. Wirken dagegen die ungleichen und entgegengesetzten Kräfte nicht in parallelen Linien, sondern in derselben Linie, so folgt keine radförmige Bewegung, sondern der Körper wird nur mit progressiver Bewegung nach der Richtung der vorherrschenden Kraft fortschreiten.

Hat man diese allgemeinen mechanischen Grundsätze deutlich eingesehen, so sind alle durch das Eintauchen eines festen Körpers in eine Flüssigkeit hervorgebrachten Wirkungen leicht erkärlich.

Nehmen wir an, ein fester Körper von willkürlicher Gestalt sei total oder theilweis in eine Flüssigkeit getaucht.

Einer dem Gewicht des festen Körpers gleichen, nach unten drückende Kraft steht, wie im fünften Capitel gezeigt wurde, eine nach oben wirkende Kraft entgegen, welche dem Gewicht der von dem festen Körper verdrängten Flüssigkeit gleich ist. Ist eine dieser Kräfte größer als die andere, so hat der Körper ein Streben zu steigen oder zu fallen; sind sie gleich, so bleibt der Körper, was sein Steigen und Fallen in senkrechter Richtung betrifft, im Gleichgewicht, was stets stattfindet, wenn der Körper auch weder steigt, noch fällt, sondern ganz ruhig bleibt.

Dies zu beweisen, ist es nothwendig, genau die Richtungen der beiden Kräfte zu bestimmen, welche nach oben und unten auf den Körper wirken.

Die dem Gewicht des festen Körpers gleiche, nach unten wirkende Kraft, wirkt in einer Richtung, die von ihrem Schwerpunkte senkrecht hinabgeht. Die Richtung der nach oben wirkenden Kraft dagegen läßt sich nicht so leicht ermitteln. Man muß sich erinnern, daß die Flüssigkeit auf den festen Körper genau auf dieselbe Weise drückt, wie sie auf die Flüssigkeit wirken würde, deren Stelle der feste Körper einnimmt. Nun ist gewiß, daß wäre der Raum, welchen der feste Körper einnimmt, von der Flüssigkeit eingenommen, diese in Ruhe bleiben würde. Der Druck der Flüssigkeit nach unten würde folglich durch den Druck der Flüssigkeit nach oben neutralisirt werden. Wie daher auch der Druck nach oben beschaffen sein mag, er muß dem Druck der von dem festen Körper verdrängten Flüssigkeit nach unten gleich sein, und in derselben Linie nach oben wirken, wie letzterer dies nach unten thut. Indeß ist leicht einzusehen, daß der Druck der von dem festen Körper verdrängten Flüssigkeit nach unten, dem Gewicht dieser Flüssigkeit gleich ist, und von dem Schwerpunkt derselben aus senkrecht nach unten wirkt. Daraus wird evident, daß der Druck nach oben, welcher auf einen eingetauchten festen Körper wirkt, dem Gewicht der verdrängten Flüssigkeit gleich ist und in einer Linie von dem Schwerpunkt der so verdrängten Flüssigkeit aus nach oben wirkt.

Dieses wird durch folgendes deutlicher werden. ABCD sei ein fester Körper, der sich entweder ganz, wie in Fig. 52., oder theilweis wie in Fig. 53., in einer Flüssigkeit befindet. E sei der Schwerpunkt des festen Körpers, E′ der der von demselben verdrängten Flüssigkeit. Das Gewicht des festen Körpers wirkt niederwärts in der Richtung von EF, und der Druck der ihn umgebenden Flüssigkeit aufwärts in der Richtung E′F′. Diese Linien stehen beide perpendiculair auf der Oberfläche der Flüssigkeit; sie sind in verticaler Richtung und parallel mit einander. Aus der Stellung dieser Linien wird klar, daß, mögen diese beiden Kräfte gleich oder ungleich sein, dieselben ein Streben haben, den Körper in der Richtung ADCB umzudrehen. Sind sie ungleich, so ist diese rollende Bewegung von einem Steigen oder Fallen des festen Körpers in der Flüssigkeit begleitet, je nachdem die nach oben, oder die nach unten wirkende Kraft vorherrscht; sind sie aber gleich, so wird keine vertikale Bewegung das Umdrehen begleiten.

Nehmen wir nun die Stellung des eingetauchten festen Körpers so an, daß die Punkte E und E′ in gerader Linie senkrecht auf der Oberfläche der Flüssigkeit stehen, mag der Punkt E über

E', wie in Fig. 54. und Fig. 55., oder darunter befindlich sein, — so sind in beiden Fällen die beiden Kräfte einander direct entgegengesetzt und haben kein Bestreben, eine radförmige Bewegung hervorzubringen. Der feste Körper wird in diesem Falle sinken oder steigen, je nachdem der Druck nach oben oder nach unten vorherrscht.

Ist in diesen Fällen das Eintauchen der Art, daß die verdrängte Flüssigkeit an Gewicht dem festen Körper gleich ist, so wird gar keine Bewegung stattfinden und der feste Körper in absolutem Gleichgewicht sein, so daß er weder steigt, noch fällt, noch rollt.

§. 69.

Ein in eine Flüssigkeit getauchter fester Körper kann mehre Lagen des Gleichgewichts haben, indem er alle die verschiedenen Merkmale der Stabilität, Instabilität und Indifferenz besitzt, welche in der Mechanik erläutert werden.

Eben wurde gezeigt, daß es, in welcher Art von Gleichgewicht sich der Körper befinden mag, unerläßliche Bedingung ist, daß die Linie, welche man von seinem Schwerpunkte zu dem Schwerpunkte der von ihm verdrängten Flüssigkeit, perpendiculair auf der Oberfläche der Flüssigkeit, oder, mit andern Worten, in der Richtung des Lothes stehen müsse.

Ist dieses der Fall, so befindet sich der feste Körper im Gleichgewicht; um aber die besondere Art dieses Gleichgewichts kennen zu lernen, muß man sein Augenmerk noch auf andere Gegenstände richten.

Ist die Figur und Stellung eines festen Körpers der Art, daß durch eine leichte Aenderung sein Schwerpunkt eine höhere Lage erhält, als er, wenn er im Gleichgewicht steht, hat, so ist das Gleichgewicht stabil, weil der Schwerpunkt vermöge seines Bestrebens zu sinken, bald in seine vorige Stellung zurückkehren wird. — Ist die Stellung des im Gleichgewicht befindlichen festen Körpers der Art, daß eine leichte Störung den Schwerpunkt sinken macht, so kehrt der Körper zu seinem vorigen Gleichgewicht nicht zurück, noch schwankt er von einer Seite zur andern; denn in dem Falle müßte der Schwerpunkt steigen, was seiner Eigenthümlichkeit entgegen ist. — Der Schwerpunkt fährt deßhalb fort zu sinken, bis er eine andere Stellung einnimmt, in welcher die Linie, welche ihn mit dem Schwerpunkt des verdrängten Wassers verbindet, perpendiculair gegen die Oberfläche des Wassers gerichtet ist. Jede Störung dieser Lage muß den Schwerpunkt nothwendig zum Steigen bringen, weßhalb dies ein stabiles Gleichgewicht ist.

Die Gestalt und Lage eines Körpers kann so beschaffen sein, daß, welche auch die Lage des von ihm verdrängten Wassers sein

mag, die Erhöhung seines Schwerpunkts stets dieselbe bleibt, oder mit andern Worten, jede Bewegung, welche ein Körper empfängt, wird, gestattet sie ihm nur, eine an Gewicht ihm gleiche Quantität Wasser zu verdrängen, seinen Schwerpunkt in einer horizontalen Ebene fortbewegen, und da der Schwerpunkt weder steigt noch fällt, so wird der Körper stets im Gleichgewicht bleiben. Das ist der Stand eines indifferenten oder neutralen Gleichgewichts.

§. 70.

Ist der feste Körper ganz eingetaucht, so ist die verdrängte Flüssigkeit an Gestalt und Masse demselben gleich und der Schwerpunkt der Flüssigkeit wird mit dem jenes der nämliche sein, wenn letzterer wie jene eine gleichmäßige Dichtigkeit hat. Ist aber der feste Körper in einem Theile schwerer als in einem andern, so bleibt der Schwerpunkt nicht an derselben Stelle und fällt deßhalb nicht mit dem der verdrängten Flüssigkeit zusammen. Liegt der Schwerpunkt des festen Körpers unmittelbar über dem der verdrängten Flüssigkeit, so hat er die höchste Lage, welche er unter diesen Umständen nur erreichen kann, weßhalb die kleinste Störung ihn sinken läßt, bis er die entgegengesetzte Stellung einnimmt, in welcher er sich unmittelbar unter dem Schwerpunkt der verdrängten Flüssigkeit befindet. Erstere ist daher die Lage des nicht stabilen, letztere die des stabilen Gleichgewichts.

§. 71.

Diese verschiedenen Wirkungen des totalen Untertauchens kann man leicht durch Experimente bewahrheiten. Man versehe eine hohle Metallkugel inwendig mit einem kleinen durch eine Schraube beweglichen Gewichte, so daß der Schwerpunkt der Kugel nach Belieben verändert werden kann, und richte das Gewicht der Kugel so ein, daß sie eine an Schwere ihr gleiche Wassermasse verdrängt.

Zuerst lasse man den Schwerpunkt mit dem Mittelpunkte zusammenfallen; dann ist klar, daß derselbe die nämliche Stellung haben wird, wie der Schwerpunkt der von ihr verdrängten Flüssigkeit. Befindet sich die Kugel nun ganz unter der Flüssigkeit, so wird man finden, daß sie in der einmal angenommenen Situation bleibt, so daß der Punkt, welcher sich einmal unten befindet, auch unten bleibt.

Nun richte man die Schraube so, daß der Schwerpunkt der Kugel sich in einiger Entfernung vom Mittelpunkte befindet und tauche die Kugel ganz unter: so wird man finden, daß, befindet sich der Schwerpunkt unmittelbar unter dem Centrum, die Kugel stets ihre Stellung behält; liegt dagegen der Schwerpunkt etwas zur Seite, so dreht sich die Kugel dergestalt, daß der Schwerpunkt sich unter dem Centrum befindet, und der Körper

wird vibriren, bis die Friction der Flüssigkeit die Ruhe wieder herstellt. Befindet sich der Schwerpunkt gerade über dem Centrum, so bleibt der Ball so lange ruhig, als er nicht angerührt wird; aber sein Gleichgewicht ist schwankend und instabil, so daß der Ball gar leicht seine Stellung umkehrt.

§. 72.

Daraus erhellt, daß jeder Körper, dessen Theile verschiedenes Gewicht haben, nur stätig schwimmt, wenn die schwerern Theile sich unter Wasser befinden; denn der Schwerpunkt liegt stets in diesen oder in ihrer Nähe, so daß, wenn dieser sich unterhalb befindet, auch jene unten liegen müssen.

Eine Probe von Geschicklichkeit hat eine Person abgelegt, welche mit aufgeblasenen Blasen an den Füßen auf dem Wasser ging; sie befand sich in dem Zustande eines instabilen Gleichgewichts. Ihr Schwerpunkt lag direct über dem des von ihr verdrängten Wassers, so daß ihre Geschicklichkeit sich besonders in dem genauen Balanciren zeigte. Man kann dies erleichtern, wenn man noch einen, unten mit einer Blase versehenen, Stab vor sich hinhält, so daß der Körper auf drei Punkten ruht.

Aus demselben Grunde werden solche schwimmfähige Körper als Rettungsinstrumente an den Kleidern befestigt; sie sollten stets so eingerichtet werden, daß der Schwerpunkt des Körpers sich unten befindet.

Das Gewicht der verschiedenen Bestandtheile eines Schiffes und seiner Ladung sollte stets so regulirt werden, daß der Schwerpunkt des Ganzen sich so niedrig, als möglich befindet.

§. 73.

Daraus entspringt die Nothwendigkeit, die schwersten Theile der Ladung so tief als möglich zu lagern, so daß sich der Schwerpunkt unmittelbar über dem Kiel befindet. Ist ein Schiff ohne Ladung, so erhöhen die Masten den Schwerpunkt dermaßen, daß das Gleichgewicht schwankend wird; daher muß man in solchem Falle schwere Körper in den untern Raum des Schiffes bringen, damit der Schwerpunkt sinkt und so das Schiff Stätigkeit erhalte. Die zu diesem Zwecke angewandten Körper nennt man Ballast.

Das Gleichgewicht eines Boots kann durch die darin stehenden Reisenden unstätig gemacht werden; die geringste Unruhe kann alsdann das Boot umwerfen. — Befindet sich der Schwerpunkt eines Schiffes und seiner Fracht nicht unmittelbar über dem Kiel, so neigt sich dasselbe nach der Seite, auf welcher der Schwerpunkt sich befindet; ist dieses Derangement groß, so ist Gefahr vorhanden. So kann z. B. ein Sturm bei einer nicht gehörig gepackten Ladung bewirken, daß der Schwerpunkt in solche Lage kommt, wo das Schiff umstürzen muß.

Liegt der Schwerpunkt unmittelbar über dem Kiel, so wird ein von der Seite her in die Segel blasende Wind das Schiff nach jenseit neigen, was um so bedeutender sein würde, wenn nicht der Schwerpunkt ein Gegengewicht darböte und ein Bestreben hätte, dem Schiffe seine aufrechte Stellung wieder zu geben. Die verschiedenen Kräfte, welche das Schiff in dieser durch einen Seitenwind geneigten Stellung erhalten, kann man auf folgende Weise erläutern:

AB Fig. 56., sei die Stellung des Schiffs; **S** der Punkt, wo der Wind auf die Segel wirkt, **SW** die Richtung des Windes; **E** der Schwerpunkt des Schiffs sammt seiner Ladung und **EF** die Richtung, in welcher ihr Gewicht wirkt.

E′ sei der Schwerpunkt des von dem Schiffe verdrängten Wassers, **E′F′** die Richtung des Drucks nach oben. Beobachtet man die Wirkung der nach oben und unten wirkenden Kräfte einen Augenblick, so sieht man ihr Bestreben, das Schiff nach der Seite zu neigen, welcher der entgegengesetzt ist, nach welcher es von dem Winde gebeugt wird. Bei Segelschiffen ist die Richtung zur Seite von wenig Bedeutung, sofern dadurch die treibende Kraft des Windes nicht gehemmt wird; doch zieht sie bei Dampfschiffen einen beträchtlichen Verlust nach sich, da eins der Räder alsdann unbrauchbar ist. Die aufrechte Stellung kann man indeß im Allgemeinen dadurch herstellen, daß man bewegliche Gewichte auf dem Verdeck anbringt. Auf Dampfschiffen stellt man gewöhnlich kleine mit Eisen beladene Wagen auf das Verdeck, so daß man bei jedem Winde den Schwerpunkt danach reguliren kann. Bringt man diese Wagen auf die Seite des Schiffes, gegen welche der Wind gerichtet ist, so wird der Schwerpunkt des Schiffes auf diese Seite geleitet.

E Fig. 57. sei die Stelle des Schwerpunktes, wenn er sich über dem Kiel befindet, **G** der Punkt, zu welchem der Schwerpunkt durch die Wagen geleitet wird; **S** der Punkt, wo der Wind auf das Segel **SW** wirkt; das auf **G** wirkende Gewicht des Schiffes hat ein Bestreben, es nach **M** zu neigen, und die Kraft des Windes, der in der Richtung **SW** auf **S** wirkt, ein Bestreben, es nach **L** zu neigen. Diese beide Kräfte halten einander dergestalt das Gegengewicht, daß das Schiff seine aufrechte Stellung behält.

Achtes Capitel.

Specifische Schwere.

Verschiedener Sinn der Ausdrücke schwer und leicht. — Absolutes und relatives Gewicht. — Specifische Schwere.

§. 74.

In den vorhergehenden Capiteln hatten wir häufig Gelegenheit, die Gewichte verschiedener Körper mit einander zu vergleichen; und nicht nur in Wissenschaft, Handel und Kunst, sondern selbst in einem gewöhnlichen Gespräche, nennt man Körper leichter oder schwerer, je nachdem ihr Gewicht bei derselben Masse größer oder geringer ist. Wir sagen gewöhnlich, Blei sei schwerer als Kupfer, Kupfer schwerer als Kork; jedoch kann man Quantitäten von diesen Körpern nehmen, welche an Gewicht einander gleich sind. Nehmen wir z. B. von jedem ein Pfund, so sind sie an Gewicht gleich, so daß sie in einer Wagschale einander das Gleichgewicht halten. Und dennoch behaupten wir, Kork sei leichter als Kupfer rc.

Es ist also deutlich, daß man, wenn von dem verhältnißmäßigen Gewicht von Substanzen geredet wird, dieselben von gleicher Masse und gleichem Umfang annimmt.

Man sagt oft von einer Substanz, sie sei schwer oder leicht, ohne daß man dem Anschein nach auf eine andere Bezug nimmt. So nennt man die Luft leicht, Gold schwer; jedoch findet auch in diesen Fällen stillschweigend eine Vergleichung zwischen ihnen und den gewöhnlich uns umgebenden Substanzen statt. Nennen wir die Luft leicht, so meinen wir damit, daß eine gewisse Quantität Luft viel leichter ist, als dieselbe Quantität der meisten Substanzen, mit welcher wir gewöhnlich in Berührung kommen. Doch beschränkt sich dieser Gebrauch nicht allein hierauf. Wir reden von einem sehr schlanken Menschen, von einem hohen Berge, indem wir damit meinen, daß der in Frage stehende Mann oder Berg höher sind, als wir gewöhnlich zu sehen pflegen. Einen 20jährigen Menschen nennt man jung, während ein 20jähriges Pferd alt heißt, weil das mittlere Alter bei einem Menschen über, bei einem Pferde unter 20 Jahren liegt.

Aus dem bisher Erklärten ergiebt sich, daß der Ausdruck »Gewicht« in zwei verschiedenen, einander oft entgegengesetzten Bedeutungen gebraucht wird. Eine Korkmasse habe irgend ein bedeutendes Gewicht, z. B. 100 Tonnen. Dies Gewicht nennt man jedenfalls beträchtlich und die Masse schwer, während man doch von dem Kork selbst sagt, er sei als Substanz leicht.

§. 75.

Diese beiden betrachteten Arten nennt man absolutes und relatives Gewicht. Das absolute Gewicht eines Körpers ist das seiner ganzen Masse, ohne Bezug auf seinen Gehalt; das relative Gewicht dagegen ist das Gewicht einer Substanz von einer gegebenen Größe verglichen mit dem Gewicht anderer Substanzen von derselben Größe. Den Ausdruck »Gewicht« gebraucht man indeß gewöhnlich von dem absoluten Gewicht, während man das relative Gewicht eines Körpers seine specifische Schwere nennt.

Der Ursprung dieses Ausdrucks liegt vor Augen. Körper, welche in andern Eigenschaften verschieden sind, sind es ebenfalls im Gewicht bei gleichem Umfange. So unterscheidet sich 1 Cubik-Zoll atmosphärischer Luft im Gewicht von 1 Cubik-Zoll Oxygen, Hydrogen oder einer andern Gasart. Daraus erhellt denn, daß das Gewicht einer Substanz von gegebener Quantität, ist es von dem Gewicht anderer Substanzen von derselben Quantität verschieden, als eine Anzeige der Species derselben zu betrachten ist, wie denn auch bei gleicher Quantität Körper nach dem Gewicht in Species gesondert und geordnet werden können. Daher der Ausdruck specifisches Gewicht oder specifische Schwere.

§. 76.

Sollen Körper rücksichtlich einer gemeinschaftlichen Eigenschaft verglichen werden, so ist ein gewisses Maß erforderlich. So könnten wir, wollten wir ohne dieses die Höhe eines Körpers ausdrücken, dies nur thun, indem wir sagten, derselbe sei so und so viel mal so hoch. Da aber ein Fuß, eine Elle bekannte Längen sind, so lassen sich diese dazu weit besser anwenden. Eben so ist es mit dem Gewicht. — Um das specifische Gewicht eines Körpers zu bestimmen, besitzt das Wasser die meisten Vortheile; doch muß man auf manche Umstände achten, wenn man es dazu gebrauchen will. 1) Muß es rein sein, weil ein Beisatz von andern Substanzen sein Gewicht verändert. Diese fremdartigen Theile bringt man durch Filtriren heraus, d. i. indem man es durch einen festen Körper sickern läßt, dessen Poren kleiner sind als die zu entfernenden fremdartigen Theile. Ist eine fremde Substanz chemisch mit dem Wasser verbunden, so schafft man dieselbe durch Destillation heraus, d. i. indem man die Temperatur zu einem Grade erhöht, wo das Wasser sich in Dämpfe auflöst, und die andern Substanzen zurückläßt; oder zersetzen sich diese fremden Theile bei einer geringern Hitze, so gehen sie davon und lassen das Wasser zurück. Man sieht, daß dieser letzte Proceß ebenfalls den ersten, nämlich die Filtration, ersetzt. — 2) Ist das Wasser so gereinigt, so sehe man, ob sein Gewicht vielleicht durch andere Umstände oder zu gewissen Zeiten verändert wird; denn jede Zunahme der Wärme bringt im

Allgemeinen eine Vergrößerung der Masse hervor, weßhalb in dem Falle ein gegebenes Maß, z. B. ein Cubikzoll, weniger wiegt. Man muß also eine bestimmte Temperatur annehmen. Es ist bereits gesagt, daß Wasser, wie es bei der Wärme sich ausdehnt, eben so seine Dimensionen zusammenzieht, bis es die Temperatur von etwa 40° erreicht hat; dann beginnt es, sich auszudehnen; bei 40° also hat das Wasser sein gehöriges Maß und ist dann von nichts weiter abhängig; es ist dann in allen Theilen der Erde dasselbe, unter welchen Umständen man es auch zu diesem Experiment benutzen möge. — Hat das Wasser seine Dimensionen am meisten verkürzt, so nennt man dieses den Zustand der größesten Verdichtung, weil die Flüssigkeit dann die kleinsten Dimensionen hat und ihre Theile sich am nächsten sind.

Das Gewicht einer gegebenen Quantität destillirten Wassers in dem Zustande der größesten Verdichtung ist also das Maß der specifischen Schwere.

Da man diesem Uebelstande nicht immer abhelfen kann, so giebt es Tabellen, welche die Schwere des Wassers nach den Veränderungen der Temperatur berechnen, so daß man das Ganze dann durch einen einfachen arithmetischen Proceß reduciren kann.

§. 77.

Ist eine Quantität von 1000 Gran reinen Wassers, bei einer Temperatur von 40° (Fahrenheit) ermittelt, so drückt die Zahl der Grane bei einem andern Körper von derselben Quantität sein specifisches Gewicht aus; oder ist die specifische Schwere des Wassers durch 1 ausgedrückt, so benennt man die specifische Schwere anderer Körper nach Tausendtheilen; jedoch sind nur 3 Decimalstellen nöthig. So hat man gefunden, daß eine 1,000 Gran Wasser gleiche Quantität Gold 19,250 wiegt, oder nimmt man das Wasser zu 1 an, so ist $19\frac{1}{4}$ die specifische Schwere des Goldes, so daß ein Gefäß, welches 1000 Gran Wasser faßt, auch 19,250 Gran Gold fassen würde.

Körper, welche in Gas- oder Luftform existiren, sind so viel leichter als Wasser, daß man zu ihrem Maße gewöhnlich die atmosphärische Luft nimmt. Im Allgemeinen ist die Berechnung ähnlich wie bei dem Wasser; doch ist sie oft von zu verwickelter Natur, als daß sie in einer populären Abhandlung gehörig entwickelt werden könnte. Jedoch wollen wir im Verlauf dieser Untersuchung einiges davon näher betrachten.

Atmosphärische Luft ist der Veränderung ihres Umfangs durch den Wechsel der Temperatur mehr unterworfen, als irgend ein anderer Körper in flüssiger oder fester Form. Um also eine Norm zu erhalten, muß man vorher die Temperatur feststellen. Die zu diesem Zweck angenommene Temperatur ist die des schmelzenden

Eises oder 32° der Gefrierpunkt auf Fahrenheits Thermometer, also überhaupt der Gefrierpunkt.

Die einzige Ursache, welche die Dimensionen eines gegebenen Gewichts Wasser afficiren kann, ist die Temperatur, der es ausgesetzt ist. Obgleich es nicht absolut incompressibel noch unelastisch ist, wird es doch von einem Drucke nicht bedeutend in seiner Dimension verändert, weßhalb, nimmt man es als Norm an, alle Veränderungen durch äußern Druck außer Acht gelassen werden. Mit der atmosphärischen Luft verhält es sich anders, da diese selbst durch den geringsten äußern Druck afficirt wird. Während die Temperatur dieser Flüssigkeit dieselbe bleibt, können ihre Dimensionen verschiedene Veränderungen erleiden, unabhängig von jedem Temperaturwechsel an den Zustand der atmosphärischen Luft zu fixiren, ist es nöthig, die Stärke des Drucks zu bestimmen, welchem dieselbe ausgesetzt ist. Der von Biot gewählte Druck ist gleich dem Druck der atmosphärischen Luft, wenn das Barometer auf $\frac{6}{100}$ Zoll unter 30 Zoll steht *).

Das Gewicht der atmosphärischen Luft und anderer Gasarten von der in ihnen schwebenden Quantität Dunst afficirt. Man hat ein Instrument, den Hygrometer, zu dem Zwecke erfunden, den relativen Zustand der Gasarten rücksichtlich des darin enthaltenen Dunstes zu zeigen. Ist daher die Norm festgestellt, so sind die Dimensionen von 1000 Gran atmosphärischer Luft bestimmt. Die Zahl der Grane und Brüche eines Grans, einer andern Gasart, welche dieselben Dimensionen fällt, drückt ihre specifische Schwere aus, die der Luft zu 1000 Gran angenommen. Um die specifische Schwere einer Gasart in Bezug auf das Wasser zu erfahren, braucht man nur die specifische Schwere der atmosphärischen Luft im Verhältniß zum Wasser zu wissen. Ein Theil der erstern, an Masse 1000 Granen des letztern gleich, wird $1\frac{22}{100}$ Gran wiegen.

§. 78.

Aus allem bisher Erklärten kann man verschiedene nützliche Folgerungen ziehen hinsichtlich des Verhältnisses zwischen dem Gewicht und Umfange von Körpern. Haben zwei Körper gleiche Größe, so steht ihr absolutes Gewicht in demselben Verhältniß wie ihre specifische Schwere. Wiegt z. B. eine Masse Kupfer 7600 Unzen, und dieselbe Masse Erz 7824 Unzen, so steht das specifische Gewicht dieser Massen in demselben Verhältniß, wie diese Zahlen, weil beide sich auf dieselbe Norm, nämlich Wasser beziehen; und in der That ist die Größe von 1000 Gran Wasser der von 7600 Gran Kupfer und 7824 Gran Erz gleich.

Haben zwei Körper gleiches absolutes Gewicht, so steht ihre specifische Schwere in dem umgekehrten Verhältniß ihrer Größe;

*) Aus der Abhandlung über die Pneumatik wird dies deutlicher werden.

d. h. der größere Körper ist um so viel specifisch leichter, als seine Größe beträchtlicher ist. A und B sind zwei Körper von gleichem Gewicht, die Dimensionen von A aber doppelt so groß als die von B. Wird A in zwei gleiche Theile getheilt, so ist jeder derselben, an Masse, B gleich, folglich steht die specifische Schwere der beiden Körper in demselben Verhältniß wie das Gewicht von $\frac{1}{2}$ A zu dem von B. Aber das Gewicht von B ist gleich dem von A, deßhalb steht die specifische Schwere von A in demselben Verhältniß zu der von B, wie das Gewicht von $\frac{1}{2}$ A zu seinem ganzen Gewichte. Daher ist die specifische Schwere von A halb die von B, während die Dimensionen von B halb die von A sind. So stehen die Dimensionen und die specifische Schwere von Körpern im umgekehrten Verhältniß, während ihr absolutes Gewicht dasselbe ist.

Aus den oben erläuterten Eigenschaften geht hervor, daß die specifische Schwere der Körper sich entweder dadurch bestimmen läßt, daß man die Dimensionen von Quantitäten, welche gleiches Gewicht haben, oder das Gewicht von Quantitäten, welche gleiche Dimensionen haben, genau ermittelt.

§. 79.

Wir haben gesehn, daß die specifische Schwere jedes Körpers sich mit der Temperatur ändert, weil der Temperaturwechsel nothwendig eine Aenderung der Dimensionen hervorbringt. Die Frage, ob die Zunahme der Größe, welche durch die erhöhte Temperatur eines Körpers entsteht, daher entspringe, daß eine materielle Substanz zu der Masse hinzukommt, kann nur entschieden werden, indem man im voraus eine Eigenschaft feststellt, die als unzertrennlich von dem Stoffe angesehen wird, und deren Vorhandensein oder Mangel also das Dasein oder Fehlen den hinzugekommenen Theil der fraglichen Substanz angiebt. Was sich am besten zu diesem Versuche eignet, ist das Gewicht und die Frage, ob die Dimensionen eines erhitzten Körpers dadurch vergrößert werden, daß sie durch eine wägbare Masse Zuwachs erhalten haben, läßt sich direct durch Experimente entscheiden. Derselbe Körper wurde bei verschiedenen Temperaturen, also auch mit verschiedenen Dimensionen genau gewogen, ohne daß man eine Veränderung des Gewichts bemerkt hätte. Man darf also schließen, wie auch das Princip, welches die Dimensionen eines erhitzten Körpers vergrößert, beschaffen sei, und was auch die Zwischenräume ausfüllen möge — es ist keine Masse, die irgend ein Gewicht hätte — es ist keine, auf welche die Erde eine Anziehungskraft ausübte — es ist keine, welche, ungestützt, fallen, oder, gestützt, irgend einen Druck auf den sie stützenden Körper ausüben würde. — Daraus folgt denn, daß der hinsichtlich der specifischen Schwere eines Körpers durch eine Temperaturänderung hervorgebrachte Wechsel der Temperatur, allein

von der Aenderung der Dimensionen abhängt, nicht aber von einem Wechsel des Gewichts. Wir dürfen also schließen, daß die specifische Schwere eines Körpers im umgekehrten Verhältniß zu seiner Größe steht, d. h. genau in demselben Verhältniß, in welchem die Dimensionen des Körpers durch Hitze zunehmen, vermindert sich seine specifische Schwere.

§. 80.

Dichtigkeit ist der Ausdruck, dessen man sich bedient, um die Nähe oder Gedrängtheit der Bestandtheile eines Körpers zu bezeichnen, und die Dichtigkeit eines Körpers ist gleichmäßig, wenn seine Bestandtheile gleichmäßig und eben durch seine Dimensionen vertheilt sind, so daß dieselbe Zahl von Theilen denselben Raum in jedem Theile seiner Größe einnimmt. Dies ist der gewöhnliche Begriff der Dichtigkeit; doch ist er, genau genommen, unphilosophisch, weil er auf dem vorausgesetzten Dasein von begrenzt kleinen Theilen beruht, deren Aggregat die Masse bildet. So wahrscheinlich indeß die Existenz solcher Theile auch sein mag, sie liegen außerhalb der sinnlichen Wahrnehmung, auch kann, weder Zahl noch Größe derselben, unter keinem Verhältnisse bestimmt werden. In einem streng wissenschaftlichen Sinne kann man den Ausdruck Dichtigkeit als kaum verschieden von specifischer Schwere ansehen. Ein Körper ist mehr oder weniger dicht, wenn eine gegebene Quantität desselben von größerm oder geringerm Gewichte ist. Wird der Ausdruck Dichtigkeit auf Körper verschiedener Art angewandt, z. B. Silber und Gold, so kann es nur synonym mit specifischer Schwere gebraucht sein. Geschieht dies mit Rücksicht auf die Proximität der Bestandtheile, und erklärt man in dem Sinne die Dichtigkeit des Goldes so, daß sie zu dem des Silbers in demselben Verhältniß steht, wie die gleichen Größen dieser Metalle, so liegt darin offenbar eingeschlossen, daß die endlichen Bestandtheile des Goldes an Größe denen des Silbers gleich sind, daß aber 19 Theile des erstern nur denselben Raum einnehmen, wie 10 Theile des letztern; weßhalb man diese Zahlen denn auch zur Bezeichnung der specifischen Schwere dieser Metalle gebraucht. Die Hypothese, worauf solche Schlüsse sich gründen, braucht nicht physikalisch bewiesen werden zu können; auch wird der Ausdruck Dichtigkeit selten gebraucht, außer von einem Körper, dessen Dimensionen einer Veränderung unterliegen.

§. 81.

In den Wirkungen, die durch das Eintauchen fester Körper in Flüssigkeiten hervorgebracht werden, finden wir manche Verhältnisse zwischen Gewicht und Quantität der festen Körper und Flüssigkeiten. Solche Wirkungen stehen mit der specifischen Schwere dieser Körperarten in genauer Verbindung, so daß man bei genauer Forschung findet, daß sie direct zu der praktischen Methode hinlei-

ten, die specifische Schwere der Körper sowohl im festen als flüssigen Zustande zu erfahren.

Es wurde gezeigt, daß ein fester Körper, der schwerer sei als die Flüssigkeit, in letzterer sinken würde, und daß sein scheinbares Gewicht bei dem Eintauchen geringer ist, als das wirkliche. Da das Gewicht des festen Körpers und das Gewicht, welches er durch das Eintauchen verliert, die Gewichte gleicher Größen des festen Körpers und der Flüssigkeit sind, so werden sie hinsichtlich ihrer specifischen Schwere proportional sein. Daraus leiten wir ab:

1) Daß ein fester Körper in jeder Flüssigkeit sinkt, welche specifisch leichter ist, als er selbst.

2) Daß die specifische Schwere des festen Körpers zu der der Flüssigkeit in demselben Verhältniß steht, wie das Gewicht des festen Körpers zu dem, welches es durch das Eintauchen verliert.

§. 82.

Ist ein fester Körper leichter als eine Flüssigkeit, so schwimmt er oben. Es wurde bewiesen, daß, wenn Körper gleiches Gewicht haben, ihre specifische Schwere in dem umgekehrten Verhältniß ihrer Dimensionen steht. (78). Daraus folgt:

1) Daß ein fester Körper auf der Oberfläche einer Flüssigkeit schwimmt, welche specifisch leichter ist, als er selber.

2) Daß die specifische Schwere des festen Körpers zu der der Flüssigkeit in demselben Verhältniß steht, wie der eingetauchte Theil desselben zu seiner ganzen Dimension.

§. 83.

Ferner wurde bewiesen, daß, wenn das Gewicht eines festen Körpers dem der Flüssigkeit gleich ist, er in letzterer schwebt, ohne zu steigen oder zu sinken. Daraus erhellt, daß dies Phänomen eine Anzeige ist, daß das specifische Gewicht des festen Körpers und der Flüssigkeit gleich ist.

§. 84.

Wird derselbe feste Körper successiv in verschiedene Flüssigkeiten getaucht, welche specifisch leichter sind, als er selbst, so wird das Gewicht, welches er in jeder derselben verliert, das Gewicht der Theile der verschiedenen Flüssigkeiten sein, die dem festen Körper, also auch unter einander an Masse gleich sind. Daraus folgern wir: »daß ein fester Körper, in verschiedene Flüssigkeiten eingetaucht, die specifisch leichter sind, als er selbst, so viel Gewicht verlieren wird, als mit der specifischen Schwere der verschiedenen Flüssigkeiten im Verhältniß steht.

§. 85.

Läßt man einen festen Körper, welcher leichter ist, als verschiedene Flüssigkeiten, auf deren Oberfläche schwimmen, so verdrängt er Theile derselben, welche in jedem Falle, ihrem eignen Gewicht, also auch unter einander gleich sind. Doch wurde ge-

zeigt, daß, wenn die specifische Schwere der Körper gleiches Gewicht hat, ihre Größen im umgekehrten Verhältniß stehen. Daraus folgt: daß, wenn derselbe Körper auf der Oberfläche verschiedener Flüssigkeiten schwimmt, die eingetauchten Theile derselben in dem umgekehrten Verhältniß der specifischen Schweren dieser Flüssigkeiten stehen. —

§. 86.

Werden verschiedene Körper, schwerer als eine Flüssigkeit, allmählich darin eingetaucht, so verlieren sie so viel Gewicht, als das der von ihnen verdrängten Flüssigkeit ausmacht, folglich steht dieser Verlust mit der Größe der Körper im Verhältniß. Werden die festen Körper im voraus so eingerichtet, daß sie an Gewicht gleich sind, so steht die specifische Schwere von je zweien von ihnen in dem umgekehrten Verhältniß ihrer Größe. (§. 78.) Daraus folgt: daß feste Körper von gleichem Gewicht, in dieselbe Flüssigkeit, welche leichter ist als sie, eingetaucht, so viel Gewicht verlieren, als mit ihrer specifischen Schwere im umgekehrten Verhältniß steht.

§. 87.

Wenn verschiedene Körper, welche leichter sind, als eine Flüssigkeit, darauf schwimmen, so verdrängen sie Theile derselben, welche ihrem eignen Gewichte gleich sind; daher stehen die innerhalb der Flüssigkeit befindlichen Theile im Verhältniß zu ihrem Gewicht. In diesem Falle also werden, wenn die festen Körper gleiche Größe haben, die eingetauchten Theile in demselben Verhältniß stehen, wie ihre specifische Schwere.

§. 88.

Es wurde bewiesen, daß, wenn verschiedene Flüssigkeiten sich unvermischt in mit einander in Communication stehenden Gefäßen befinden, ihre Oberflächen verschiedene Höhe haben, und zwar, daß sie desto höher stehen, je leichter die Flüssigkeiten sind. **ABC** Fig. 58. sei eine Röhre, wie in §. 67. beschrieben wurde, die zwei Flüssigkeiten von verschiedener specifischer Schwere enthält. Es wurde bereits bewiesen, daß, wenn sie in Ruhe sind, die Höhe **SN** in demselben Verhältniß zu der Höhe **PM** stehen wird, wie das Gewicht einer gegebenen Masse der schwerern Flüssigkeit zu dem Gewicht derselben Masse der leichtern. Daraus folgt, daß die Höhen der Oberflächen **O** und **W**, umgekehrt wie die specifische Schwere der Flüssigkeiten sich verhalten. Ist **SO** Oel, **SBW** Wasser, so steht die specifische Schwere des Wassers und der des Oels in demselben Verhältniß, wie die Höhe **SN** zu der Höhe **PM**.

§. 89.

Die specifische Schwere eines in Wasser nicht auflösbaren Körpers, welcher specifisch schwerer ist als diese Flüssigkeit, kann ermittelt werden, wenn man das Gewicht beobachtet, welches derselbe durch das Eintauchen verliert. Das Verhältniß, in welchem

dieses Gewicht zu dem wirklichen Gewichte des festen Körpers steht, bestimmt seine specifische Schwere.

Beispiel: — Ein Stück reines Gold, 77 Gran schwer, wiegt, in Wasser getaucht, nur 73 Gran; daraus folgt, daß es 4 Gran Wasser verdrängt. Das Verhältniß ist also 77 : 4 oder $19\frac{1}{4}$: 1. Nimmt man nun 1 als die Schwere des Wassers an, so ist die des Goldes $19\frac{1}{4}$.

Beispiel: — Ein Stein, 3 Unzen schwer, wiegt, in Wasser getaucht, nur 2 Unzen. Also verdrängt er eine Unze Wasser, weßhalb seine specifische Schwere 2 ist.

§. 90.

Ist der feste Körper in Wasser auflösbar, so kann diese Methode nicht angewandt werden. In diesem Falle muß man den Körper mit einem Firniß überziehen. Auf diese Weise ermittelt man die specifische Schwere von Salzen und dergleichen. Jedoch muß man auf die durch den Firniß vermehrte Schwere Rücksicht nehmen. — Besteht der feste Körper aus vielen kleinen Stücken, oder ist er in Pulverform, so muß man denselben in ein vorher genau abgewogenes Gefäß thun.

§. 91.

Um die specifische Schwere eines festen Körpers, der leichter ist, als das Wasser, zu ermitteln, beobachte man, wenn er schwimmt, den eingetauchten Theil; das Verhältniß, worin dieser zu der ganzen Größe steht, ist das Verhältniß seiner specifischen Schwere zu der des Wassers. (82.) — Die Proportion des eingetauchten Theils läßt sich auf folgende Weise finden: das Gefäß, worin das Wasser sich befindet, habe senkrechte Seiten, und sei so eng, als die Größe des Körpers erlaubt. Man beobachte, wie hoch das Wasser vor dem Eintauchen stehe. Dann beobachte man diesen Punkt wieder nach dem Eintauchen; endlich tauche man den Körper ganz ein und beobachte den Punkt wieder, zu welchem das Wasser nun gestiegen ist. Das verschiedene Steigen zeigt die Theile des in jedem Falle eingetauchten Körpers an, also auch das Verhältniß der specifischen Schwere des festen Körpers zu dem der Flüssigkeit.

§. 92.

Es giebt verschiedene Methoden, durch welche man das specifische Gewicht von Flüssigkeiten finden kann. Ist ein fester Körper specifisch schwerer als Wasser, eben so auch specifisch schwerer als die Flüssigkeit, deren Gewicht ermittelt werden soll, so tauche man ihn nach einander in Wasser und in jene Flüssigkeit; der Verlust an Gewicht wird proportional sein der specifischen Schwere des Wassers und der Flüssigkeit. Wird die Zahl, welche den Verlust an Gewicht in der Flüssigkeit ausdrückt, durch die Zahl, welche

den Verlust an Gewicht im Wasser ausdrückt, dividirt, so giebt der Quotient die specifische Schwere der Flüssigkeit.

Beispiel: — Ein Stück in Acidum sulphuricum oder Vitriolöl getauchtes Glas verliert 3700 Gran an seinem Gewicht. Dasselbe verliert im Wasser 2000 Gran. Also ist das Verhältniß der specifischen Schwere der Schwefelsäure zu der des Wassers gleich 37 : 20 oder 1850 : 1000; drückt daher 1000 die Schwere des Wassers aus, so giebt 1850 die der Schwefelsäure.

Die specifische Schwere einer Flüssigkeit kann man ebenfalls vermittelst eines festen Körpers finden, welcher specifisch leichter ist als Wasser. Man lasse den festen Körper nach einander auf den beiden Flüssigkeiten schwimmen und beobachte die Größe der eingetauchten Theile, so werden diese sich umgekehrt wie die specifische Schwere verhalten. (85.)

Beispiel: — Derselbe feste Körper schwimmt nach einander auf Wasser und Acidum muriaticum, und das Verhältniß der eingetauchten Theile sei 10 : 12; so ist, nimmt man die Schwere des Wassers zu 10 an, die der Salpetersäure = 12.

§. 93.

Man findet die specifische Schwere von Flüssigkeiten, wenn man das Gewicht zweier verschiedener fester Körper beobachtet, welche gleich tief eingetaucht auf ihrer Oberfläche schwimmen. In diesem Falle steht die specifische Schwere im Verhältniß zu dem Gewicht der festen Körper. Die leichteste Methode indeß ist vielleicht die, daß man die Flüssigkeit in einer Flasche von bekannter Größe abwägt. Man versehe eine solche mit einem genau schließenden Stöpsel, fülle sie mit reinem Wasser und wäge sie; darauf fülle man sie mit einer andern Flüssigkeit und wäge sie von neuem. So kann man auch das Gewicht der Luft finden, indem man sie erst mit Luft füllt, dann diese durch die Luftpumpe, (ein im folgenden Theile zu beschreibendes Instrument) herausbringt. Dadurch hat man ermittelt, daß ein Cubikfuß gewöhnlicher atmosphärischer Luft etwa 527 Gran wiegt. Dieses Gewicht schwankt indeß aus bereits angeführten und später noch mehr zu entwickelnden Gründen.

Die leere Flasche kann man auch mit einer andern Gasart füllen, und deren Gewicht im Verhältniß zu der Luft bestimmen.

Instrument zum praktischen Messen der specifischen Schwere.

§. 94.

Die Form und Construction der Instrumente zur Ermittelung der specifischen Schwere ist verschieden, je nachdem man Genauigkeit bei den Experimenten verlangt, und die Körper beschaffen sind.

Bei wissenschaftlichen Untersuchungen, wo die größeste Genauigkeit erfordert wird, geschieht dies durch eine genaue, künstliche Wage, die auf eine Weise eingerichtet ist, wovon sie den Namen

»hydrostatische Wage« erhalten hat. Fig. 59. giebt eine Front-Ansicht, Fig. 60. eine Seitenansicht. Die correspondirenden Theile sind mit denselben Buchstaben bezeichnet. Ein in einem Fuße CD befestigter Pfeiler AB trägt das Instrument. An dem horizontalen Fuße ist eine Schraube S, welche sich in einer bei T befestigten Nuß dreht. Diese Schraube läuft in einen Haken aus, welcher die Schleife einer seidenen Schnur hält, deren beide Enden durch die Radfurchen bei P gehen, von da zur Spitze des Pfeilers geleitet werden, und dort über die Radfurchen in R gehen, während ihre Enden bei E einen horizontalen Arm tragen. In der Mitte dieses Arms e wird eine sehr genaue Wage aufgehangen. Unter dem Wagebalken, bei m, befinden sich Träger, auf welche jener sich stützen kann. Der unmittelbar unter den Schalen angebrachte Rand GH ist an dem Pfeiler beweglich, und kann vermittelst einer Schraube an jedem Orte befestigt werden; eben so auch die Nuß, in welcher die Schraube S sich bewegt, so daß also die Wage mit all' ihren Theilen höher oder niedriger gestellt werden kann. An den Mittelpunkt des Bodens der Schalen sind Haken cd befestigt, an denen Drähte hängen, welche frei durch Löcher im Rande GH gehen. Am untern Ende dieser Drähte befinden sich Haken h und g. An dem Haken g befindet sich ein mit Graden versehener Stab gk, welcher bei k ebenfalls in einen Haken ausläuft. Er ist in gleiche Theile getheilt; ein Zeiger NO bewegt sich an einem Stabe MN in horizontaler Bewegung, vermittelst einer Schraube M, welche sich in einer Nuß GH in dem Rande bewegt. Eine kupferne Kugel, von etwa $\frac{1}{4}$ Zoll Durchmesser, hängt von k herab, an einem Drahte kl. Von dem Haken h hängt eine Glasblase i an einem Pferdehaar. Beide, Kugel und Glasblase, sind so eingerichtet, daß sie etwa in der Mitte der Glasgefäße XY hängen, wenn die Wage ihre gewöhnliche Stellung hat. Ist die Schale c schwerer, so sinkt der Draht kl tiefer, und da 1 Zoll desselben $\frac{1}{2}$ Gran Wasser verdrängt, so wird, für jeden Zoll, den er sinkt, das Gewicht, welches die Schale c niederdrückt, um $\frac{1}{2}$ Gran vermindert werden. Eben so, wenn d schwerer ist, wird der Draht kl steigen, und für jeden Zoll, den er sich über die Oberfläche des Wassers erhebt, wird das Gewicht von $\frac{1}{2}$ Gran auf die Schale c wirken.

Um zu verhindern, daß das Wasser sich an den Draht hänge, ist er vorher geölt, das Oel aber gehörig wieder abgewischt, so daß nur eine dünne Haut über dem Drahte bleibt.

Ist ein Körper, dessen specifische Schwere ermittelt werden soll, eine Flüssigkeit, so muß sie sich in einem gläsernen, gehörig verschlossenen und ganz gefüllten Gefäße befinden. Zuerst wird das Gewicht des leeren Gefäßes durch die Wage ermittelt; dann das Gewicht derselben, nachdem sie gefüllt ist. Zieht man nun

das Gewicht der Flasche von dem des Ganzen ab, so bleibt ein Rest, welcher genau das Gewicht der Flüssigkeit ausdrückt. Nun wird die gefüllte Flasche gewogen, in Wasser getaucht und der Verlust an Gewicht beobachtet. Hiervon ziehe man den Verlust, welchen die Flasche allein an Gewicht erleidet, ab, und der Rest ist das Gewicht einer Quantität Wasser, welche an Masse der in der Flasche enthaltenen Flüssigkeit gleich ist. Die specifische Schwere der Flüssigkeit wird dann auf dieselbe Weise bestimmt, als wäre sie ein fester Körper.

§. 95.

Dieser Apparat und das eben beschriebene Verfahren geben die genauesten Resultate. Im gewöhnlichen Leben indeß reichen einfachere Mittel hin. Man hat verschiedene Formen von Instrumenten, welche man gewöhnlich Hydrometer nennt, vorgeschlagen, um die specifische Schwere von Substanzen zu ermitteln, besonders von Flüssigkeiten, welche im Handel vorkommen. Sie beruhen alle auf dem Factum, daß ein auf einer Flüssigkeit schwimmender Körper eine ihm an Gewicht gleiche Quantität Flüssigkeit verdrängt. Ihre Genauigkeit hängt davon ab, daß man ihnen solch eine Form giebt, daß der Theil derselben, welcher mit der Oberfläche der Flüssigkeit in Berührung steht, eng ist, so daß ein Irrthum in der Beobachtung hinsichtlich des Resultats unerheblich ist.

Da alle diese Instrumente auf denselben Grundsätzen beruhen, so brauchen wir uns in weitere Details nicht einzulassen, als daß wir Form und Gebrauch von einem Paar der ausgezeichnetern hier beschreiben.

Sike's Hydrometer.

Dieses Instrument besteht aus einer kupfernen Kugel **G**, Fig. 61., deren Durchmesser 1 Zoll und 6 Linien beträgt. In diese Kugel ist bei **C** eine konische Röhre **CD** gefügt, ungefähr $1\frac{1}{8}$ Zoll lang, die bei **D** in einen birnenförmigen Wulst ausgeht, der so beladen wird, daß er an Gewicht schwerer ist als jeder andere an Masse ihm gleiche Theil des Instruments. Oben in **B** befindet sich ein flacher Stiel **BA**, 3 Zoll, 4 Linien lang, welcher an beiden Seiten in 11 gleiche Theile und jeder derselben wieder in 2 Unterabtheilungen getheilt ist. Zu diesem Instrumente gehören noch 8 runde Gewichte, wie **W**, die mit den Zahlen 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70 und 80 bezeichnet sind; jedes dieser Gewichte hat einen Einschnitt wie **W**, so daß man es auf den dünnern Theil von **C** stecken kann. Die Oeffnung erweitert sich nach der Mitte zu. Will man dieses Instrument zur Ermittelung der specifischen Schwere von Spirituosen gebrauchen, so wird es zuerst ganz in die Flüssigkeit hineingesteckt; dann steigt es, und nachdem es zur Ruhe gekommen ist, zeigt der Grad, bis zu welchem die Oberfläche steht, die eingetauchte Quantität an; die specifische Schwere berech-

net man dann vermittelst der Tafeln, welche sich bei dem Instrumente befinden.

Nicholson's Hydrometer.

Dieses Instrument ist einer größern Genauigkeit fähig, als der oben erwähnte gewöhnliche Hydrometer; auch erfordert dasselbe eine angemessene Uebung und Geschicklichkeit. Es besteht aus einer hohlen, kupfernen Kugel, C D Fig. 62., an welche durch einen dünnen Drahtstiel Y, dessen Durchmesser höchstens $\frac{1}{40}$ Zoll beträgt, eine kleine Schale A B befestigt ist. An dem untern Theile der Kugel ist ein Halter F befestigt, der eine andere Schale E trägt, der schwer genug ist, den Draht Y in vertikaler Richtung zu halten, wenn das Instrument schwimmt. Das Gewicht der verschiedenen Theile des Instruments ist so beschaffen, daß, wenn 1000 Gran in die Schale A B gelegt werden, das Instrument in destillirtem Wasser bis etwa zur Mitte des Stiels sinkt, bei einer Temperatur von 60°. Deßhalb ist das Gewicht einer Quantität destillirten Wassers, welche an Inhalt dem Theile des Instrumentes unter diesem Punkte gleich ist, gleich dem Gewicht des Instruments nebst 1000 Gran. Um die specifische Schwere eines andern Fluidums zu finden, lasse man das Instrument darauf schwimmen, und richte das Gewicht in der Schale A B so ein, daß das Instrument wie vorhin bis zu dem auf dem Draht bemerkten Theile sinkt. Das Gewicht des Instruments sammt dem in der Schale drückt dann das Gewicht der Flüssigkeit aus, welche das Instrument verdrängt.

Durch dieses Instrument kann man ebenfalls die specifische Schwere solider Körper ermitteln. Man lege ein Stück davon in die Schale A B und schwimmt nun das Instrument auf destillirtem Wasser von 60°, so verstärke man das Gewicht in der Schale A B, bis das Instrument zu dem Zeichen auf dem Drahte sinkt. Das Gewicht des festen Körpers und das Hinzugekommene wird dann 1000 Gran betragen; werden dann die hinzugefügten Gewichte von 1000 Gran abgezogen, so giebt der Rest genau das Gewicht des festen Körpers an. Nun lege man den festen Körper in die untere Schale E, und Gewichte in die Schale A B, bis das Instrument wiederum bis zu dem auf dem Stiele Y bezeichneten Punkte sinkt. Alle Gewichte zusammen sind dann 1000 Gran schwer. Zieht man nun das oben befindliche Gewicht ab, so giebt der Rest die Schwere des im Wasser befindlichen Körpers an.

Der Draht, welcher die obere Schale trägt, ist so dünn, daß ein Zoll desselben nur den 10. Theil eines Grans Wasser verdrängt. Die Genauigkeit hängt von der Genauigkeit des auf dem Drahte angebrachten Zeichens ab, und man kann die specifische

Schwere auf diese Weise genau bis zu $\frac{1}{100.000}$ oder bis zu fünf Decimalstellen ermitteln.

De Parcieux's Hydrometer.

Dieses in Fig. 63. dargestellte Instrument ist nur wenig von dem eben beschriebenen verschieden. Eine Schale C ist an einem etwa 30 Zoll langen und $\frac{1}{12}$ Zoll dicken Drahte AC befestigt, unten mit einer Glasflasche AB, welche unten mit Hagel beschwert ist, um das Gleichgewicht zu erhalten. Der Draht ist so lang, daß die Flasche, gehörig beschwert, zu einem Punkte etwa 1 Zoll über A sinken wird, d. h. in Quellwasser; in leichtem Flußwasser wird sie bis etwa 20 Zoll über A sinken. Die specifische Schwere verschiedener Arten von Wasser wird durch dieses Instrument, wie bei Nicholson's Hydrometer, verglichen, indem man Gewichte in die Schale C legt, bis das Instrument zu einem auf dem Drahte bezeichneten Punkte sinkt. An der Seite des Wasserbehälters ist eine in Grade getheilte Scala HE angebracht. Die Empfindlichkeit dieses Instruments ist so groß, daß ein Tropfen einer andern im Wasser auflösbaren Flüssigkeit schon eine merkliche Wirkung hervorbringt.

§. 96.

Das Vermögen, die specifische Schwere von Körpern zu bestimmen, setzt uns häufig in Stand, auch ihre andern Eigenschaften zu erklären, oft selbst ihre Bestandtheile zu ermitteln, wenn sie, was meist der Fall ist, aus heterogenen Stoffen bestehen. So ist jeder Spiritus, welcher im Handel und im Haushalt gebraucht wird, eine Mischung von Alkohol mit andern Körpern, namentlich Wasser. Da der Gehalt von der Quantität des reinen Alkohols abhängt, so ist es höchst wichtig, diese zu ermitteln.

Gleicherweise sind auch die edlern Metalle im Gebrauch meist mit geringern versetzt. Diese nennt man »Beisatz« und ehe man den Gehalt eines solchen Stücks bestimmen kann, muß man genau die Quantität des darin enthaltenen Beisatzes kennen.

Diese Bemerkungen liefern eine Classe von Problemen hinsichtlich der specifischen Schwere zusammengesetzter Körper und ihrer Bestandtheile, deren Lösung von der größten praktischen Wichtigkeit ist. Jedoch hängt dieselbe nicht ganz von mechanischen Principien ab.

Werden zwei Körper, deren specifische Schwere bekannt ist, in einer gegebenen Proportion gemischt, und geschieht nichts, als daß die Theile sich vereinigen, so ist die specifische Schwere leicht zu finden. Die allgemeine Lösung solch einer Aufgabe entnimmt man am besten aus einem Beispiele.

Beispiel: — Man vereinige Gold und Kupfer, in dem Verhältniß von 20 Theilen Gold zu 3 Theilen Kupfer. Die specifi-

sche Schwere des Goldes ist 1925, die des Kupfers 890, die des Wassers 100. Nun rechnet man, wie folgt:

Gewicht eines Cubikzolls Wasser	100
„ „ „ Gold	1,925
„ „ „ Kupfer	890
„ von 20 Cubikzoll Gold	38,500
„ „ 7 „ Kupfer	6,230
„ „ 27 „ der Mischung	44,730
„ eines „ „ „	$1{,}656\frac{2}{3}$

Also ist das Wasser zu 100 angenommen, die specifische Schwere der Mischung . . . . $1{,}656\frac{2}{3}$.

Ist das Verhältniß der Bestandtheile dem Gewichte nach gegeben, so ermittelt man die Größe dieser Gewichte daraus, daß man ihre specifische Schwere kennt, welche in der That das Gewicht einer gegebenen Größe ist. Dann wende man die vorhergehende Methode an.

Sind mehr als zwei Körper zusammengesetzt, so ist das Princip, worauf die Berechnung beruht, dasselbe.

Beispiel: — Der in Frage stehende Körper sei aus zwei Substanzen zusammengesetzt, von denen die eine Gold ist; die ganze Masse des Körpers betrage 27 Cubikzoll, die des Goldes allein 20 Cubikzoll. So bestimme man versuchsweise folgende Resultate:

Gewicht von 27 Cubikzoll der Mischung	44,730
„ eines „ Gold	1,925
„ „ 20 „ „	38,500
„ „ 27 „ des Zusatzes	6,230
„ „ 1 „ „ „	890

Daher ist die specifische Schwere des Zusatzes 890, und da man weiß, daß dieses die specifische Schwere des Kupfers ist, so ist die Qualität des Zusatzes zugleich mit ermittelt.

Ist die Qualität des Zusatzes bekannt, so muß man das Verhältniß suchen, in welchem es mit dem edlern Metalle vermischt ist. In diesem Fall nehmen wir die specifische Schwere der Bestandtheile als gegeben an.

Beispiel: — Die Mischung bestehe aus Gold und Kupfer, deren specifische Schwere 1925 und 890 ist.

Gewicht eines Cubikzoll Gold	1,925
„ „ „ Kupfer	890
Differenz	1,035
Gewicht eines Cubikzoll der Mischung	$1{,}656\frac{2}{3}$
„ „ „ Kupfer	890
Differenz	$766\frac{2}{3}$

Wie die Differenz 1035 sich zu $766\frac{2}{3}$, so verhält sich 1 zu der Zahl, welche das Verhältniß ausdrückt, in welchem die Metalle gemischt sind. Also, nach der Regel de Tri : 1035: $766\frac{2}{3}$ $= 1 : \frac{766\frac{2}{3}}{1035}$ oder $\frac{20}{27}$. Also sind in einem Cub. Zoll der Mischung in 27 Theilen 20 Theile Gold und 7 Theile Zusatz enthalten.

x sei die Proportion des Goldes, y die des Kupfers, das in einem Cub. Zoll der Mischung enthalten ist. g sei die specifische Schwere des Goldes, c die des Kupfers, m die der Mischung. Das Gewicht des in einem Cub. Zoll der Mischung enthaltenen Goldes ist xg, das Gewicht des Kupfers yc, das Gewicht eines Cub. Zolls der Mischung m. So haben wir:

$$xg + yc = m$$

$$x + y = 1$$

$$y = 1 - x \text{ u. } xg + c\,(1 - x) = m$$

$$x\,(g - c) = m - c$$

$$x = \frac{m - c}{g - c}$$

$$\text{oder } g - c : m - c = 1 : x$$

Das ist, die Differenz zwischen der specifischen Schwere des Goldes und Kupfers verhält sich zu der Differenz zwischen der specifischen Schwere der Mischung und des Kupfers, wie 1 zu der Proportion des in 1 Cub. Zoll enthaltenen Goldes.

Obgleich in Fällen, wo eine Mischung stattfindet, die Quantität und Qualität des fremden Stoffes sich kaum genau bestimmen läßt, so kann man doch mit Gewißheit das Vorhandensein einer Mischung ermitteln. Da die specifische Schwere der reinen Substanz bekannt ist und die zum Experiment vorliegende ist davon verschieden, so waltet kein Zweifel weiter ob. Aber die Quantität und Qualität des fremdartigen Stoffes zu ermitteln, ist ein Problem, welches die Hülfe anderer Principien erfordert.

Die Verfälschung der Milch mit Wasser kann man stets durch das Hydrometer herausbringen. Reine Milch hat ein größeres Gewicht als das Wasser, 103 : 100, so daß jeder Zusatz von Wasser die Substanz leichter macht.

Obgleich das Hydrometer selten im Haushalt angewandt wird, so kann man es doch oft mit Nutzen gebrauchen, da man selbst die geringste Verfälschung von Spirituosen u. s. w. dadurch auf der Stelle entdecken kann. Und dazu empfiehlt es sich noch durch Billigkeit, leichte Handhabung und Einfachheit.

§. 97.

Die eben erläuterten Berechnungen gründen sich auf die Voraussetzung, daß die Größe des vermischten Körpers durch die

Zusammensetzung nicht verändert worden ist. So ist angenommen, daß, wenn 10 Cub. Zoll Gold mit 7 Cub. Zoll Kupfer vermischt werden, die ganze Masse 17 Cub. Zoll ausmacht. Eben so, wird ein Pint Wasser mit einem Pint Spiritus vermischt, so macht das Ganze 2 Pint oder ein Quart.

Die Erfahrung beweist, daß diese Voraussetzung in den meisten Fällen ungegründet ist. Werden die Bestandtheile eines Körpers mit denen eines andern vermischt, so tritt eine Wechselwirkung zwischen ihnen ein, vermöge welcher sie in engere Verbindung treten und weniger Raum einnehmen, oder sich gegenseitig abstoßen und einen größern Raum einnehmen, durch die attractiven oder abstoßenden Kräfte, welche durch die Berührung der Theile in Thätigkeit gesetzt werden. So hat man gefunden, daß ein gleiches Maß zweier verschiedenen Körper eine Mischung erzeugt, deren Maß größer oder kleiner ist als das doppelte Maß jedes einzelnen der Körper. So giebt ein Cub. Zoll Gold mit einem Cub. Zoll Kupfer eine Masse, welche weniger mißt als 2 Cub. Zoll. Daraus folgt also, daß die Bestandtheile dieser Körper in einen kleinern Raum gezwängt sind, daß folglich eine Verwandtschaft oder anziehende Kräfte bei ihrer Vereinigung in Thätigkeit getreten sind.

§. 98.

Eben so, wird ein Pint reines Wasser und ein Pint Schwefelsäure mit einander vermischt, so mißt das Ganze weniger als 2 Pint. Dies Experiment kann man auf folgende Weise leicht machen: **A**, Fig. 64. sei eine hohle Glaskugel, welche oben bei **B** einen Hals hat, der mit einem großen, wasserdichten Glasstöpsel und unten mit einer engen Röhre **CD**, welche bei **D** verschlossen, versehen ist. Dieses Gefäß fülle man durch den Hals mit Schwefelsäure bis zu dem Ende der Röhre **C**; dann gieße man behutsam Wasser hinein, bis die Kugel ganz gefüllt ist; da das Wasser leichter ist, als Schwefelsäure, so wird es oben bleiben. Nun stecke man den Stöpsel hinein, so daß das Gefäß ganz angefüllt ist, und kehre dann dasselbe um, so wird die Schwefelsäure in die Kugel fallen und das Wasser in die Röhre steigen, aber zugleich auch eine theilweise Mischung stattfinden; wiederholt man diese Umkehrung mehrmals, so werden die Flüssigkeiten sich endlich völlig vermischen. Hält man das Gefäß dann mit der Röhre aufwärts, so wird man finden, daß die Flüssigkeit es nicht ganz mehr füllt, sondern daß es mehrere Zoll leer ist. So sind die Dimensionen beträchtlich vermindert, wodurch natürlich die Dichtigkeit oder specifische Schwere zugenommen hat.

Die hier beschriebene Wirkung findet man noch mit einer andern vereinigt. Sind die Flüssigkeiten beim Beginn des Pro-

cesses in der gewöhnlichen Temperatur der Atmosphäre, so erhalten sie nach ihrer Mischung einen so hohen Grad von Hitze, daß man das sie enthaltende Gefäß nicht mit der bloßen Hand anfassen kann. Diese Wirkung steht in genauer Beziehung mit der Ausdehnung der Körper durch Hitze. Erweitert Hitze die Dimensionen eines Körpers, so kann man natürlich erwarten, daß eine Ursach, welche eine Verminderung der Dimensionen hervorbringen würde, auch den Körper zur Mittheilung der Wärme zwänge. So wird denn auch die Verdichtung der beiden gemischten Körper von einer Evolution der Hitze begleitet.

Obgleich die auf die Voraussetzung, daß bei einer Mischung die Bestandtheile keiner Dimensionsänderung unterworfen sind, gegründete Methode, die specifische Schwere einer Mischung zu berechnen, für die wirkliche Bestimmung der specifischen Schwere zusammengesetzter Körper nicht anwendbar ist, so ist sie doch nicht ohne Nutzen *). Die einzig genaue Methode, den Grad zu bestimmen, in welchem Substanzen sich ausdehnen oder zusammenziehen, ist die, daß man die specifische Schwere berechnet, welche die Mischung haben würde, stände solch eine Aenderung der Dimensionen nicht bevor, und dann die so berechnete specifische Schwere mit der wirklichen, durch Experimente gefundenen specifischen Schwere des zusammengesetzten Körpers zu vergleichen. Der Proceß des Messers ist nicht derselben Genauigkeit fähig, paßt daher auch nicht für wissenschaftliche Forschung. Die Quantität der beiden vermischten Substanzen sollte vor der Mi-

*) c und c′ seien die specifische Schwere der Bestandtheile; a und a′ die Größen derselben, und a + a′ die Größe der Mischung. Das Gewicht der Bestandtheile wird ac und a′c′ sein, das Gewicht der Mischung ac + a′c′, welches die Summe des Gewichts der Bestandtheile ist; doch das Gewicht der Mischung wird ebenfalls ausgedrückt durch (a + a′) m; daher

$$ac + a'c' = (a + a')\,m$$

$$m = \frac{ac + a'c'}{a + a'}$$

Dieses Resultat ist nichts anders, als ein Ausdruck, welcher bezeichnet, daß die specifische Schwere der Mischung gleich ist ihrem Gewicht, dividirt durch ihre Größe (letztere als der Summe der Größe der Bestandtheile gleich angenommen)

In einigen Fällen ist das Gewicht und die specifische Schwere der Bestandtheile gegeben, nicht aber ihre Größe; w und w′ sei das Gewicht, so ist $w = ac$ und $w' = a'c'$.

$$\text{Daher } a = \frac{w}{c} \text{ und } a' = \frac{w'}{c'}$$

$$\text{Ebenso } m = \frac{w + w'}{a + a'} = \frac{w + w'}{\frac{w}{c} + \frac{w'}{c'}}$$

$$\text{Also: } m = \frac{(w + w')\,cc'}{wc' + w'c}$$

schung genau gemessen, eben so nachher das Maß der Mischung ermittelt werden. Die Differenz zwischen der Summe des Maßes der Bestandtheile und des Maßes des Ganzen würde dann die Zusammenziehung oder Ausdehnung ergeben.

Neuntes Capitel.

Hydraulik.

Schnelligkeit des Ausfließens aus der Oeffnung eines Gefäßes.

§. 99.

Wir haben bisher unsre Aufmerksamkeit besonders auf die Wirkungen beschränkt, welche durch den Druck von Flüssigkeiten hervorgebracht werden. Werden von den Schranken, welche eine Flüssigkeit begrenzen, mehre weggenommen, so wird die Kraft, welche sonst auf die Schranke drückte, die Flüssigkeit in Bewegung setzen, und bewirken, daß sie dahin fließt, wo die Schranke entfernt ist. Die unter diesen Umständen sich zeigenden Phänomene bilden den Gegenstand eines Zweiges der mathematischen Theorie der Flüssigkeiten, welche man Hydraulik nennt. Sie umfaßt daher die Wirkungen auf Flüssigkeiten, die durch eine Oeffnung in ihren bisherigen Behälter fließen; Wasser, durch Druck in irgend einer Richtung durch Röhren oder Oeffnungen getrieben, so daß es Wasserkünste bildet; die Bewegung der Flüssigkeiten durch Röhren und in Canäle; die Bewegung der Flüsse und Canäle; und den Widerstand durch die bei der Bewegung stattfindenden Berührung von Flüssigkeiten und festen Körpern.

Die einzige wahrhaft nützliche Methode, einen solchen Zweig der Wissenschaft zu behandeln, ist die, daß man genau solche allgemeine Principien aufstellt, welche sich eher anwenden lassen, durch verhältnißmäßig viele Details der genauesten Experimente, mit Rücksicht darauf, die wirklichen Umstände der verschiedenen Phänomene zu bestimmen. Solche Details würden indeß in gegenwärtiger Abhandlung keineswegs an ihrem Orte sein, weßhalb wir uns auf wenige Beobachtungen über einige der wichtigsten und schlagendsten Erscheinungen der Hydraulik beschränken, indem wir, wo es thunlich ist, ihren Zusammenhang mit den verschiedenen analogen Wirkungen in den übrigen Theilen der Mechanik fester und flüssiger Körper nachweisen werden.

§. 100.

Wird in ein mit Wasser gefülltes Gefäß ein kleines Loch gemacht, so fließt das Wasser mit einer gewissen Schnelligkeit heraus. Die Kraft, welche das Wasser so in Bewegung setzt, ist

die, welche, ehe die Oeffnung gemacht war, einen Druck auf das ausübte, welches die Oeffnung verschloß. Es erhellt, daß die bewegende Kraft des Wassers, gleich und proportional der Kraft sein muß, welche diese Wirkung hervorbringt. Da sie aber die nämliche ist, welche den Druck auf die Fläche des Gefäßes ausübte, so steht sie im Verhältniß mit der Tiefe der Oeffnung unter dem Niveau der Flüssigkeit in dem Gefäße. (14.) Daraus läßt sich zugleich folgern, daß Wasser aus einer tiefern Oeffnung schneller fließt, als von einer minder tiefen; doch bleibt immer noch zu bestimmen übrig, welches das genaue Verhältniß ist zwischen der Schnelligkeit des Ausfließens und der Tiefe der Oeffnung.

ABCD, Fig. 65. sei ein Gefäß mit senkrechten Seiten, welches nahe am Boden eine sehr kleine Oeffnung O hat. Man fülle dasselbe bis zu einer gewissen Höhe EF über O mit Wasser. Der der Tiefe OE entsprechende Druck wird machen, daß das Wasser mit einer gewissen Schnelligkeit aus O fließt. Man nehme an, die Schnelligkeit betrage 10 Fuß in einer Secunde, ferner daß in einer Minute eine Gallone Wasser aus O fließe, während dasselbe so nachgegossen wird, daß die Oberfläche stets in EF bleibt. Da der Druck auf O also stets derselbe ist, so wird auch die Schnelligkeit beim Ausfließen gleichförmig sein. Es ist klar, daß, wenn nun Wasser so hineingegossen wird, daß es das Gefäß bis über EF füllt, die Schnelligkeit des Ausfließens vermehrt wird. Man wolle z. B. bestimmen, wie viel höher als EF man das Gefäß füllen müsse, damit der Ausfluß bei O doppelt so schnell, als vorhin, vor sich gehe. Die dem Wasser mitgetheilte bewegende Kraft würde in diesem Falle vier Mal so groß sein, als vorhin; denn, da die Schnelligkeit doppelt so groß ist, als vorhin, so wird in einer Minute auch die doppelte Quantität Wasser ausfließen; diese doppelte Quantität bewegt sich aber auch mit doppelter Schnelligkeit, weßhalb die ganze Kraft vervierfacht ist. Wäre dieselbe Quantität Wasser nur mit doppelter Schnelligkeit in Bewegung gesetzt, so würde die bewegende Kraft verdoppelt sein; da aber auch die Quantität verdoppelt ist, so ist die bewegende Kraft vervierfacht. Daraus folgt, daß die Kraft, welche diese Wirkung hervorbringt, vier Mal so stark sein muß, als die, welche in dem ersten Falle wirkte; aber diese Kraft ist der Druck auf die Oeffnung O, welche mit der Tiefe von O unter der Oberfläche proportional ist. Daraus folgt, daß eine vierfache Tiefe nöthig ist, um eine doppelte Schnelligkeit des Ausfließens hervorzubringen. Ist das Gefäß ABCD bis zu der Höhe E′F′ gefüllt, so daß E′O viermal EO ist, dann wird die Schnelligkeit des Ausfließens doppelt so groß sein, als da, wo das Niveau auf EF stand.

Eben so kann man folgern, daß eine neunfache Tiefe nöthig ist, um eine dreifache Schnelligkeit hervorzubringen, u. s. w. So daß also die Tiefe der Oeffnung unter der Oberfläche stets im Verhältniß dazu steht, was man in der Mathematik das Quadrat der Schnelligkeit des Ausfließens nennt.

Man mache in ein mit Wasser gefülltes Gefäß **ABCD**, Fig. 66., ein kleines Loch, O, einen Zoll unter der Oberfläche **EF**; und ein anderes, O', vier Zoll unter dieselbe; ein drittes, O'', neun Zoll; ein viertes, O''', sechzehn Zoll und ein fünftes, O'''', 25 Zoll; so steht die Schnelligkeit des Ausfließens in dem Verhältniß von 1, 2, 3, 4 und 5.

Die obere Zahlenreihe der folgenden Tafel drückt die verschiedene Schnelligkeit des Ausfließens, die untere die entsprechende Tiefe der Oeffnung aus: —

Schnelligkeit	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Tiefe	1	4	9	16	25	36	49	64	81	100

Unmöglich kann man das in dieser Tafel enthaltene Verhältniß betrachten, ohne die auffallende Aehnlichkeit zu bemerken, welche dieses mit dem Verhältniß zwischen der Höhe des Falls und der Schnelligkeit des fallenden Körpers gemein hat. Um eine zweifache Schnelligkeit hervorzubringen, ist eine doppelte Höhe nöthig u. s. w. Daraus ist einleuchtend, daß, wenn die Schnelligkeit des Ausflusses aus einer der Mündungen gleich ist der Schnelligkeit, in welcher ein Körper von der Oberfläche F bis zu eben der Oeffnung fallen würde, so ist auch die bis dahin erlangte Schnelligkeit desselben gleich der Schnelligkeit des Ausfließens. Ist die Oeffnung unten und die Wassersäule über ihr von geringer Höhe, so fließt diese unendlich kleine Säule aus der Oeffnung durch die bloße Wirkung ihrer eignen Schwere, und daher auch mit der derselben Schnelligkeit, wie jeder andere fallende Körper; da aber Flüssigkeiten nach allen Richtungen hin einen gleichmäßigen Druck ausüben, so wird dieselbe Wirkung stattfinden, in welcher Richtung die Oeffnung sich auch befinden mag. Daraus ist klar, daß das eben ausgedrückte Princip richtig ist, wenn die Tiefe der Oeffnung unter der Oberfläche auch unendlich klein ist; und ist es in diesem Falle richtig, so muß es auch in allen übrigen es sein.

§. 101.

Aus diesem Lehrsatze folgt als nothwendige Folgerung, daß, wenn die Oeffnung, aus welcher die Flüssigkeit fließt, nach oben geht, die Wasserstrahlen sich zu einer Höhe heben würden, welche dem Niveau der Flüssigkeit in dem Gefäße gleich ist. Ist so in Fig. 67., **EF** die Oberfläche der Flüssigkeit, O,O',O'',

O‴, vier Oeffnungen in verschiedener Tiefe, die sich alle nach oben öffnen, so wird die Flüssigkeit aus jeder derselben mit der nämlichen Schnelligkeit steigen, welche ein Körper erlangt, der von dem Niveau der Oberfläche EFG auf die respect. Oeffnungen herabfällt; folglich muß die Flüssigkeit zu derselben Höhe steigen, bevor sie die Schnelligkeit, mit der sie ausströmte, verliert. Folglich werden die Wasserstrahlen aus jeder Oeffnung bis FG steigen.

§. 102.

Diese wichtigen Lehrsätze müssen indeß bedeutend modificirt werden, bevor sie praktisch angewandt werden können. In der vorhergehenden Untersuchung haben wir die Oeffnung als unendlich klein angenommen, so daß man jeden Punkt derselben als in der nämlichen Tiefe unter der Oberfläche befindlich ansehen kann; eben so haben wir angenommen, daß die Flüssigkeit beim Ausfließen keiner Friction noch andern Hindernissen ausgesetzt sei, endlich, daß dieselbe bei ihrem Emporsteigen keinen Widerstand von der atmosphärischen Luft erleide. Bei der Anwendung hat alles dieses indeß sehr bemerkbare Wirkungen, deren Folge ist, daß die wirkliche Erscheinung beträchtlich von den Resultaten der Theorie abweicht. — Fließt ein Gefäß durch eine Oeffnung am Boden von selbst aus, so sinkt die Oberfläche der Flüssigkeit allmählig, indem sie ihre horizontale Lage behält; ist sie aber etwa noch $\frac{1}{2}$ Zoll vom Boden entfernt, so entsteht in dem unmittelbar über der Oeffnung befindlichen Theile eine kleine Vertiefung. Diese nimmt zu, bis sie die Gestalt eines kleinen Kegels erhält, dessen Mittelpunkt sich innerhalb der Oeffnung befindet, und man wird bemerken, daß die Flüssigkeit in nach diesem Mittelpunkt gerichteten Linien fließt. Fig. 68. wird dies deutlicher machen, wo die Richtung des Stromes u. s. w. angegeben ist.

Da die Theile der Flüssigkeit, wenn sie sich der Oeffnung nähern, sich in nach einem Punkte außerhalb derselben convergirenden Richtungen begeben, so ist klar, daß die Wassersäule, welche aus dem Gefäße fließt, an dem Punkte, gegen welchen hin die Bewegung des Wassers gerichtet ist, enger sein wird, als vorher oder nachher. Diese Zusammenziehung des Wasserstrahls bemerkte zuerst Newton, welcher ihr den Namen vena contracta gab. Der Abstand von der Oeffnung, wo die größte Zusammenziehung des Wassers stattfindet, hängt, mit gewissen Beschränkungen, von der Größe der Oeffnung ab. Ist diese rund und klein, so ist der Abstand gleich dem halben Diameter der Oeffnung, und der Wasserstrahl steht in seiner stärksten Zusammenziehung mit der Größe der Oeffnung, nach Newton, in dem Verhältniß wie 1000 zu 1414, nach Bossut aber wie 1000 zu 1600.

Bei flüchtiger Betrachtung schon ergiebt sich, daß, wenn das Wasser durch eine cylindrische Röhre abfließt, die Zusammenziehung bedeutend vermindert wird. In diesem Falle ist das Verhältniß wie 1000 zu 1200.

Da dieselbe Quantität Wasser, welche in einer gegebenen Zeit durch die Oeffnung fließt, in derselben Zeit auch durch den engern Raum der vena contracta fließen muß, so folgt, daß es durch diesen Ort mit verhältnißmäßig größerer Schnelligkeit fließt. Nach Newton's Berechnung ist hier das Verhältniß wie 1414 zu 1000.

§. 103.

In der vorstehenden Untersuchung haben wir vorausgesetzt, daß die Flüssigkeit eben so schnell nachgegossen werde, als sie ausfließt, so daß die Oberfläche stets in derselben Höhe bleibt. Dann ist der Druck stätig und das Ausfließen gleichförmig. Sinkt aber die Oberfläche, so nimmt der Druck ab, wie auch das Quadrat der Schnelligkeit des Ausfließens eine entsprechende Verminderung erleiden wird; woraus sich ergiebt, daß die Schnelligkeit des Ausfließens beständig abnimmt, bis die Oberfläche mit der Oeffnung in gleicher Höhe steht. — Da bereits bewiesen ist, daß das Quadrat der Schnelligkeit des Ausfließens mit der Tiefe der Oeffnung im Verhältniß steht, so folgt, daß das Quadrat der Schnelligkeit, mit welcher die Oberfläche fällt, ebenfalls mit der Tiefe der Oeffnung im Verhältniß steht. In der Mechanik ist bewiesen, daß, wenn ein Körper in die Höhe geworfen wird, er mit einer gewissen Schnelligkeit anfängt, das Quadrat seiner Schnelligkeit aber abnimmt im Verhältniß seines Abstandes von dem Punkte seines höchsten Steigens. Daher folgt, daß solch ein Körper langsamer steigt, je mehr er sich diesem Punkte nähert, demselben Gesetze gemäß, nach welchem die Schnelligkeit der Wasseroberfläche beim Sinken vermindert wird, je mehr sie sich der Oeffnung des Ausflusses nähert.

So lassen sich alle in der Mechanik erläuterten Eigenthümlichkeiten hinsichtlich in die Höhe geworfener und vermittelst der Schwerkraft gehemmter Körper, auf das Fallen der Oberfläche in einem Gefäße anwenden, welches durch eine Oeffnung in irgend einem Theile unterhalb der Oberfläche geleert wird. Die eigentliche Schnelligkeit der Oberfläche ist bald gefunden. Die Schnelligkeit des Ausflusses ist dieselbe, welche ein Körper erlangen würde, der von der Oberfläche zu der Mündung herabfällt, und läßt sich nach den gewöhnlichen Gesetzen der Mechanik bestimmen. Diese Schnelligkeit, welche im Verhältniß der Größe der Wasseroberfläche zu der Größe der Oeffnung vermindert wird, giebt die eigentliche Schnelligkeit der Oberfläche beim Fallen. — In der Mechanik ist bewiesen, daß, wird ein Körper mit einer

gewissen Schnelligkeit in die Höhe geworfen, die Höhe, zu welcher er sich erhebt, gleich ist dem halben Raume, durch welchen er sich in derselben Zeit bewegen würde, bliebe seine Schnelligkeit unverändert. Wir können daher nach der Analogie schließen, daß die Zeit, welche die Oberfläche einer Flüssigkeit gebraucht, um von einer gegebenen Höhe zu der Oeffnung herabzufallen, gleich ist der Zeit, welche sie gebrauchen würde, um zwei Mal so tief zu fallen, bliebe die anfängliche Schnelligkeit unverändert. Da nun diese anfängliche Schnelligkeit bekannt ist, so läßt sich auch die Zeit berechnen, welche die Oberfläche gebrauchen würde, um zwei Mal so tief zu fallen; und daraus erhält man die Zeit, welche die Oberfläche gebraucht, um von einer gegebenen Höhe zu der Oeffnung herabzusinken.

Hieraus kann man leicht schließen, daß die Zeit, in welcher ein Gefäß sich selbst durch ein Loch im Boden leert, gleich ist der Zeit, welche es gebrauchen würde, um die doppelte Quantität einer in ihm enthaltenen Flüssigkeit auszuleeren, wenn die anfängliche Schnelligkeit gleichmäßig fortdauerte.

§. 104.

Wird ein Wasserstrom durch einen Behälter getrieben, in welchem die Flüssigkeit sich in Ruhe befindet, so ist einleuchtend, daß er alle Theile der Flüssigkeit vor sich hertreiben wird, welche seinem Laufe hinderlich sind; aber, unabhängig hiervon, wird er andere Veränderungen in den Theilen der Flüssigkeit hervorbringen, in deren Nähe er hindurchströmt. Man nehme an, ein Fluß trete auf der einen Seite in einen großen See, und auf der andern wieder heraus, doch so, daß sein Bett enger ist, als das des See's. Wäre ein hohler Canal oder eine Wasserleitung durch den See gezogen, an Größe und Gestalt dem Flußbett gleich, so würde das Flußwasser quer durch den See fließen, ohne eine Wirkung auf das Wasser desselben hervorzubringen, da es durch den Canal von demselben getrennt wäre. Fällt die Oberfläche des Flusses mit der Oberfläche des See's zusammen, so wird der Canal keinen Druck erleiden, oder, richtiger, der Druck, welchen er erleidet, wird auf allen Seiten gleich sein. Nimmt man aber an, daß kein Canal da sei, und daß das Seewasser selbst den Canal bildet, durch welchen der Strom fließt, kann man alsdann schließen, daß das Flußwasser fortfahren wird, durch das Seewasser zu fließen, so daß das letztere in Ruhe und beide Massen von Flüssigkeiten unvermischt bleiben? Die Erfahrung lehrt, daß dieses nicht der Fall sei. Der Lauf des Flusses wird dem Seewasser einen Theil der Bewegung mittheilen, diese sich fortpflanzen, bis endlich das Seewasser eine weite Strecke auf beiden Seiten hin in Bewegung kommt.

Folgendes Experiment stellte Venturi an, um das Princip der Seitenfortpflanzung der Bewegung einer Flüssigkeit zu erläutern. Eine horizontale Röhre AB, Fig. 69. wurde in ein Gefäß CDEF geleitet, welches im voraus bis GH mit Wasser gefüllt war. Der Mündung AB entgegengesetzt und in einem kleinen Zwischenraume davon, war ein kleiner rechtwinkliger Canal KLMN angebracht, von dünnem Metall, mit einem gekrümmten Boden, senkrechten Seiten und oben offen. Dieser Canal war so gestellt, daß er fähig war, einen Strom zu führen, der bei NK einfloß, über die Ecke des Gefäßes F ging und bei ML ausfloß. Die Röhre AB steht mit einem Behälter B in Verbindung, der stets bis zu derselben voll erhalten wird, so daß das Wasser beständig mit derselben Schnelligkeit aus B fließt. Der aus B fließende Strom geht durch das Wasser in den Behälter CDEF, in den Raum zwischen B und K und tritt in den krummen Canal KL. Es wird durch die Schnelligkeit, mit der es aus B fließt, aufwärts getrieben und fließt bei L aus. Durch diese Einrichtung fließt ein an Größe der Röhre AB gleicher Strom beständig durch das Wasser in den Behälter CDEF, in den Raum zwischen B und NK.

Durch Versuche hat man gefunden, daß die Wirkung darin besteht, daß das Ganze der Flüssigkeit in dem Gefäße CDEF, welches sich über dem Niveau BK befindet, mit der Flüssigkeit, welche aus der Röhre AB fließt, in den Canal KL geführt und bei L ausgeleert wird. Die Oberfläche GH fällt allmählig und wird bald zu der Höhe BK reducirt, wo sie bleibt.

Die hier beschriebene, nach den Seiten hin sich mittheilende Bewegung von Flüssigkeiten ist nicht auf den Fall beschränkt, wo die Flüssigkeit, die der Bewegung mitgetheilt wird, von derselben Art ist, wie die, von der sie bewegt wird. Ein durch die Luft gehender Wasserstrom giebt der unmittelbar mit ihm in Berührung stehenden Luft eine Bewegung in derselben Richtung. Diese Wirkung wird noch bedeutend verstärkt, wenn die Schnelligkeit des Stroms beträchtlich ist. Eine hoch herabfallende Cascade bewirkt einen Luftstrom, welchem man kaum widerstehen kann. Venturi, der dies Phänomen untersuchte und erklärte, beobachtete ein merkwürdiges Beispiel der Art bei einem Wasserfall, der von dem Gletscher Roche Melon auf den Fels La Novalese, in der Nähe des Mont Cenis, herabfällt.

Die den Seiten sich mittheilende Bewegung, nebst den Unregelmäßigkeiten in der Gestalt der Betten und Ufer von Flüssen, ist die Ursach, welche Strudel hervorbringt, die man häufig in ihnen bemerkt.

Fig. 70. sei die Oberfläche eines Flusses, NR und OS die

Gestalt seiner Ufer; angenommen, der Strom fließe in der Richtung NR, und BA sei ein Hinderniß, welches an einem der Ufer vorspringe und den Lauf hemme, so wird das Wasser dadurch gezwungen, höher über BA zu steigen und mit vermehrter Schnelligkeit rings um den Punkt A sich zu ergießen. Das Wasser in dem Raume BDCA, welches durch das Hinderniß BA vor der Kraft des fallenden Stromes geschützt ist, wird erst ruhig sein; doch das schnelle Fließen des Wassers von dem Punkte A wird auch den Seitentheilen in dem Raume C die Bewegung mittheilen, und sie vorwärts führen. Die Theile bei E werden alsdann leicht niedergedrückt werden, und die entferntern Theile nach D zu ein Bestreben haben, diesen Eindruck auszufüllen; der Strom von A nach C wird indeß fortfahren, sie wegzuführen, so daß in der Mitte des Raumes ACD eine Vertiefung bleibt. Das Wasser zwischen A und C wird so durch zwei Kräfte emporgetrieben, welche ganz analog mit denen sind, durch welche ein Körper gezwungen wird, sich in einer kreisförmigen Bewegung umzudrehen. Das Wasser wird dadurch in Wirbeln umhergetrieben, welche durch die Wirkung des von dem Punkte A fließenden Stromes stets in Bewegung erhalten werden.

Eine plötzliche Verengerung des Flußbettes, der unmittelbar eine Erweiterung der Ufer folgt, wie bei NOPQ, bringt dieselbe Wirkung hervor, wie zwei Hindernisse, z. B. BA, die sich an den entgegengesetzten Seiten des Flusses befinden; folglich wird man unter diesen Umständen unmittelbar hinter der Verengerung an beiden Seiten bei P und Q Wirbel bemerken.

Der von A ausgehende Wasserstrom trifft das entgegengesetzte Ufer bei GH und wird von diesem in der Richtung HS zurückgeworfen; die Wirkung wird daher bei H die nämliche sein, als ob der Strom dort einem Hindernisse, ähnlich BA, begegnete, folglich werden sich in dem Raume in der Nähe von R die Strudel wiederholen. Daraus folgt, daß eine plötzliche Zusammenziehung der Ufer, der eine Erweiterung folgt, nicht bloß dicht an der Zusammenziehung Strudel hervorbringt, sondern daß diese Strudel sich auch noch weiter hinab wiederholen.

Aehnliche Erscheinungen finden statt, wenn der Boden eines Flusses uneben ist; aber statt, wie die eben beschriebenen, in einer mit der Oberfläche parallelen Richtung zu erscheinen, werden sie in einer senkrecht darauf stehenden Fläche hervorgebracht, so daß die Wirbel sich aufwärts, wie das Gekräuselte auf dem Kamm der Wellen, darstellen.

Fig. 71. sei ein Flußabschnitt, welcher eine senkrechte Richtung zu der Oberfläche hat, und AK sei die Gestalt des Bodens. Befindet sich darin eine leichte Vertiefung, z. B. ABC, so wollen wir

zuerst annehmen, sie sei mit Wasser gefüllt, welches in Ruhe ist, da der Strom des Flusses über ihre Oberfläche **AC** geht; dann wird die Bewegung des Flusses allmählig dem Wasser unter **AC** mitgetheilt, so daß es von **A** nach **C** fortbewegt wird. Die Gestalt des Bodens **ABC** verursacht, daß das Wasser von **C** nach der Oberfläche getrieben wird, wo es einen senkrechten Wirbel bildet, der sich häufig in eine kräuselnde Welle endigt. In diesem Falle wirkt **BC** auf dieselbe Weise nach oben, wie in Fig. 70. **BA** zur Seite. Sind die Enden der Vertiefung schroff, wie bei **DG**, so erzeugen sich Strudel unter dem Wasser.

Alle diese Wirkungen kann man bei Experimenten beobachten, indem man das Wasser durch künstliche Canäle mit gläsernen Seiten fließen läßt.

Aus dem bisher Gesagten wird deutlich, daß Ungleichheiten an dem Boden und den Seiten eines Flusses nothwendig seinen Lauf verzögern müssen; die Kraft, welche sonst den Strom direct in seinem Canale hinabführen würde, wird hier zerstückelt und schräge, zur Seite gerichtete Bewegungen hervorbringen. Alle bewegende Kraft des Wassers in einem Strudel muß man ursprünglich von dem abschüssigen Fallen des Stroms ableiten, der daher auch aller Kraft beraubt ist, welche zur Erhaltung solcher Wirkungen erfordert wird. Daraus sehen wir auch, warum die Schnelligkeit der Flüsse, wenn sie in den Ocean fallen, stets geringer ist, als die, welche man nach mechanischen Principien berechnen würde, vorausgesetzt, daß sie in einem vollkommen eben und regelmäßigen Canale fließen. Die Wirkungen solcher Unebenheiten gehören, in gewissem Grade, in das Gebiet der Friction; sie sind eine Friction in größerm Maße. Ebenfalls ist einleuchtend, warum Flüsse, deren Betten sich gleich tief nach dem Meere zu senken, doch mit verschiedener Schnelligkeit fließen, da, je regelmäßiger der Canal, desto größer die Schnelligkeit ist.

§. 105.

Wenn eine in Bewegung befindliche Flüssigkeit eine solide in Ruhe befindliche Oberfläche berührt, oder umgekehrt, so beraubt der ruhige Körper dem in Bewegung befindlichen eines Theils seiner Kraft, gleich dem, welchen er empfängt; und dieser Kraftverlust entspringt aus dem Widerstande, welchen der ruhige Körper dem in Bewegung befindlichen entgegensetzt. Wird ein fester Körper in eine Flüssigkeit getaucht, so findet man, daß die ihn mit einer gewissen Schnelligkeit zu bewegen nothwendige Kraft größer ist, als die, welche nöthig sein würde, ihn, uneingetaucht, mit derselben Schnelligkeit zu bewegen. Dieses Uebermaß von Kraft entspringt aus dem Widerstande der Flüssigkeit gegen den festen Körper, und die Regeln und Lehrsätze aufzustellen, nach

welchen der Widerstand geschätzt, und durch die seine Gesetze erkannt werden können, ist eine Aufgabe von großer, praktischer Wichtigkeit. Genau dieselben Regeln lassen sich auf feste Körper anwenden. In dem einen Falle nennt man es den Widerstand, in dem andern das Durchdringen der Flüssigkeit. In diesem, wie in beinahe jedem andern Theile der Hydraulik gewährt die Theorie der Praxis nur einen schwachen Beistand. In der That liegen die ersten Schritte, diese Classe von Wirkungen zu generalisiren, der gemeinsten Erfahrung eben so offen da, als ihre genaue Bestimmung schwierig ist. Z. B. wenn ein flaches Brett von einem □Fuß im Wasser mit einer gewissen Schnelligkeit bewegt wird, so daß seine flache Seite dahin steht, wohin es sich bewegt, so fühlt man einen gewissen Widerstand und es ist eine gewisse Kraft nöthig, es in Bewegung zu halten; drückt man aber die Ecke nach vorn, so ist bekannt, daß man eine weit geringere Kraft gebraucht, um ihm dieselbe Schnelligkeit, wie in erstem Falle zu geben. Wenn die Flügel eines Vogels zum Fliegen ausgebreitet sind, so ist die breite Seite nach unten gekehrt, um durch die Luft Widerstand zu finden, während ihre Spitze nach vorn gerichtet ist, um sie zu befähigen, die Luft mit so wenig Widerstand als möglich in der Richtung zu durchschneiden.

Diese und ähnliche Wirkungen, welche wir jederzeit beobachten können, bestätigen die allgemeine Thatsache, daß je breiter die Fläche ist, welche der Richtung der Bewegung zugekehrt ist, desto größer auch der Widerstand ist. Doch erfordert es eine genauere und mehr philosophische Untersuchung, um zu entscheiden, ob die Zunahme des Widerstandes stets mit der Zunahme der der Bewegung zugekehrten Oberfläche im Verhältniß steht; sowohl Theorie als Erfahrung entscheiden diese Frage bejahend. Der Widerstand entspringt aus der Kraft, welche der in Bewegung befindliche Körper anwenden muß, um die Theile der Flüssigkeit, welche ihm im Wege liegen, zu verdrängen; da alles Uebrige dasselbe ist, so muß diese Kraft mit der Zahl der zu verdrängenden Theile im Verhältniß stehen und diese Zahl wird offenbar durch die Größe der Oberfläche bestimmt. Ein flaches Brett von der Größe eines □Fußes verdrängt durch seine Bewegung eine gewisse Quantität Wasser; eins von 2 □Fuß wird dieselbe Quantität doppelt verdrängen; dasselbe in Bewegung zu setzen ist folglich eine doppelte Kraft nöthig, oder es wird, mit andern Worten, einen doppelten Widerstand erleiden, und stets wird dasselbe stattfinden, wie auch die Größe der Oberfläche beschaffen sein mag. Wir schließen also im Allgemeinen:

»Wenn eine flache Oberfläche perpendiculair gegen eine Flüssigkeit bewegt wird, so wird der Widerstand, welchen sie erleidet,

in demselben Verhältniß zu- oder abnehmen, in welchem die Größe der Oberfläche zu- oder abnimmt.«

§. 106.

Wenn die Oberfläche, statt senkrecht schräg gegen die Oberfläche gerichtet ist, mit Rücksicht auf die Richtung ihrer Bewegung, so wird der Widerstand aus zwei Gründen vermindert: erstlich ist die Quantität der verdrängten Flüssigkeit geringer, zweitens hat die Thätigkeit der Oberfläche beim Verdrängen den mechanischen Vortheil einer schrägen Ebene, so daß, statt die Flüssigkeit vorwärts zu treiben, dieselbe gewissermaßen zur Seite gestoßen wird.

AB, Fig. 72., sei die Oberfläche eines festen Körpers, der sich in der durch den Pfeil ausgedrückten Richtung in einer Flüssigkeit bewegt. Offenbar ist die Quantität der von der Oberfläche **AB** verdrängten Flüssigkeit dieselbe, wie die, welche durch die kleinere Fläche **AC** verdrängt werden würde, wenn sie sich senkrecht gegen die Flüssigkeit bewegte. **AC** sei halb so groß, als **AB**, so folgt, daß die Quantität Wasser, welche durch **AC** verdrängt wird, halb so groß ist, als die, welche von **AB** verdrängt wird, falls es sich senkrecht gegen die Flüssigkeit bewegt. Daraus kann man folgern, daß der schrägen Richtung von **AB** zufolge die Quantität Wasser, welche es verdrängt, auf die Hälfte reducirt wird.

Diese reducirte Quantität der so verdrängten Flüssigkeit jedoch wird nicht senkrecht vor der in Bewegung befindlichen Oberfläche hergetrieben. Die Fläche **AB** wirkt auf jeden Theil der Flüssigkeit wie ein Keil, und nach den Grundsätzen der Mechanik steht es fest, daß eine gegen **AC** wirkende Kraft eine Kraft an der Spitze des Keils in dem Verhältniß von **AB** zu **AC** übertrifft, oder im angenommenen Falle, in dem Verhältniß von 2 zu 1. Wir schließen also, daß in der schrägen Richtung der Oberfläche **AB**, verglichen mit derselben Oberfläche, doch in senkrechter Richtung gegen das Wasser, nur die halbe Quantität der Flüssigkeit verdrängt wird, und diese Quantität nur die Hälfte des Widerstandes leistet, welche dieselbe Quantität der senkrechten Bewegung der Oberfläche **AB** entgegensetzen würde. Der Schluß ist, daß durch die schräge Richtung der Fläche **AB** der Widerstand auf ein Viertel reducirt wird.

Eben so wäre **AC** ein Drittel von **AB**, so würde der Widerstand auf ein Neuntel reducirt werden u. s. w., so daß der Widerstand stets in dem Verhältniß des Quadrats des Rückens des Keils, im Vergleich mit seiner Spitze, vermindert wird.

In der Trigonometrie wird die Zahl, welche das Verhältniß von **AC** zu **AB** ausdrückt, der Sinus des Winkels in **B** ge-

nannt, und so sagt man von dem Widerstande einer im Wasser sich bewegenden Fläche, er nehme zu oder ab im Verhältniß des Quadrats des Sinus desjenigen Winkels, welchen die Richtung der Fläche mit der Richtung, in welcher sie sich bewegt, bildet.

Der hier bestimmte Widerstand ist derjenige, welcher perpendiculair auf die Oberfläche **AB** wirkt. Der Theil derselben, welcher in der Richtung der Bewegung wirkt, läßt sich nach den Principien der Kraft finden. **DE** drücke den gegen **AB** perpendiculairen Widerstand aus und **EF** werde perpendiculair gegen die Richtung der Bewegung getrieben, so drückt **DF** den Theil des Widerstandes aus, welcher gegen die Bewegung wirkt. Das Verhältniß von **DF** zu **DE** ist dasselbe wie das von **AC** zu **AB**.

§. 107.

Wir haben bisher unterlassen, die Wirkung zu beobachten, welche durch irgend eine Aenderung der Schnelligkeit, womit sie den festen Körper, oder dieser sie trifft, auf den Widerstand der Flüssigkeit hervorgebracht wird. Wird ein flaches Brett perpendiculair gegen die Flüssigkeit bewegt, so ist einleuchtend, daß, je größer seine Schnelligkeit ist, desto größer auch der von der Flüssigkeit geleistete Widerstand sein wird. Es wurde bereits erläutert, daß der Widerstand aus der Kraft entspringt, welche der feste Körper verliert, indem er die ihm im Wege stehende Flüssigkeit in Bewegung setzt. Es ist klar, daß, je schneller die Bewegung des festen Körpers ist, desto größer auch die Schnelligkeit sein wird, welche er der Flüssigkeit mittheilt, und desto größer daher auch die Kraft, mit welcher die Flüssigkeit fortgetrieben wird; folglich wird aber auch der dem festen Körper geleistete Widerstand um so größer sein. Aber die Zunahme des Widerstandes steht nicht bloß im Verhältniß zu der Schnelligkeit. Jeder Theil der Flüssigkeit, welche der feste Körper mit doppelter Geschwindigkeit in einer Secunde berührt, erhält von ihm eine doppelte Kraft, leistet daher auch einen doppelten Widerstand. Es ist also einleuchtend, daß eine doppelte Schnelligkeit des festen Körpers der von ihm in Bewegung gesetzten Flüssigkeit eine vierfache Kraft mittheilt. Sie wird mit einer doppelten Schnelligkeit eine doppelte Quantität Wasser in Bewegung setzen, woraus folgt, daß sie einen vierfachen Widerstand erleidet.

Durch ein ähnliches Raisonnement läßt sich leicht darthun, daß eine dreifache Schnelligkeit einen neunfachen Widerstand hervorbringt u. s. w., so daß der Widerstand im Verhältniß mit dem Quadrat der Schnelligkeit sich ändert.

§. 108.

In der vorhergehenden Untersuchung haben wir erörtert, wie die Quantität des Widerstandes durch eine Aenderung in der

Größe oder Figur des festen Körpers, oder in der Schnelligkeit der Bewegung, verändert wird. Um dieses Resultat aber nützlich zu machen, ist es nöthig, den wirklichen Betrag des Widerstandes in einem wirklichen Falle zu zeigen. Ist dieser bekannt, so kann man den Betrag in allen übrigen Fällen nach den oben aufgestellten Sätzen berechnen. Bossut stellte Experimente an, in der Absicht, den von einem in einer Flüssigkeit bewegten festen Körper erlittenen absoluten Widerstand zu bestimmen. Bei diesen Versuchen fand er, daß, wenn ein flaches Brett perpendiculair gegen eine Flüssigkeit bewegt wird, dasselbe einen Widerstand erleidet, welcher dem Gewicht einer Wassersäule gleicht, deren Basis dem Brette, und deren Höhe der Höhe gleich ist, von welcher ein Körper fallen müßte, um die Schnelligkeit zu erlangen, mit welcher das Brett gegen die Flüssigkeit bewegt wird.

Hieraus folgt, daß der Widerstand verschiedener Flüssigkeiten nach ihrer specifischen Schwere verschieden ist. — Trifft ein Wasserstrom einen in Ruhe befindlichen festen Körper, so ist zwar der absolute Widerstand verschieden, doch hängt seine Veränderung von denselben Gesetzen ab. In diesem Falle ist die von dem festen Körper ausgeübte Kraft gleich dem Gewicht einer Wassersäule, deren Höhe das Doppelte der Höhe ausmacht, von welcher ein fester Körper fallen müßte, um diese Schnelligkeit zu erlangen.

§. 109.

Die eben erklärten Lehrsätze bilden in der Hydraulik die einzigen Resultate, welche den Namen von allgemeinen Principien verdienen, und den wirklichen Erscheinungen so weit nahe kommen, daß sie von praktischem Nutzen sind. Aber eben in der Anwendung derselben giebt es manche Umstände, welche man bei dem Modificiren der aus ihnen abgeleiteten Schlüsse in Erwägung ziehen muß. Sie sind indeß von verschiedenen Folgerungen begleitet, welche die Erfahrung vollkommen bestätigt, und die bei der praktischen Anwendung der Wissenschaft von bedeutender Wichtigkeit sind.

Die auf den Widerstand einer Flüssigkeit durch die Schrägheit der Oberfläche eines festen Körpers, der sich durch dieselbe bewegt, hervorgebrachte Wirkung bildet ein hervorstechendes Element in der Aufgabe, unter verschiedenen Verhältnissen die Gestalt des festen Körpers zu bestimmen. Dies ist von wesentlichem Einfluß auf die den Schiffen, sowohl auf Meeren als auf Flüssen, zu gebende Form. Dieses Princip ist es auch, welches verursacht, daß die Länge des Fahrzeugs dieselbe Richtung hat, wie die Bewegung. Die Küstenböte und andere kleinere Fahrzeuge sind so gebaut, daß jeder Theil ihres Bodens, welcher die Flüssigkeit

berührt, sich gegen dieselbe in einem schrägen Winkel bewegt. Die Passagierböte auf der Themse und andern Flüssen dienen dazu als Beispiel.

Die Kunst ist in diesen Fällen nur Nachahmerin der Natur. Vögel, besonders schnell fliegende, dienen als Muster. Vorn spitz, und nach hinten zunehmend, bieten sie der Luft so wenig Widerstand als möglich dar. Eine treffendere Vergleichung indeß finden wir bei den Fischen. Indeß darf der Leser sich nicht zu der Annahme verleiten lassen, daß die Natur in diesen Fällen das gepriesene Problem gelöst habe, die den wenigsten Widerstand leistende Form eines festen Körpers gefunden zu haben; denn es ist klar, daß bei dem Bau der Thiere noch auf vieles Andere Rücksicht genommen werden mußte.

§. 110.

Der von der durch den in Bewegung gesetzten Körper verdrängten Quantität Wasser hervorgebrachte Widerstand wird daher stets bedeutend vermindert, ja, durch eine gehörig passende Form, fast unbedeutend gemacht. Indeß ist der durch die größere Schnelle der Bewegung hervorgehende erhöhete Widerstand ein Hinderniß, welches keine Kunst entfernen kann. — Ist eine gewisse Kraft erforderlich, um ein Schiff fünf Meilen in einer Stunde fortzutreiben, so möchte es auf den ersten Anblick scheinen, als ob die doppelte Kraft dasselbe in der nämlichen Zeit zehn Meilen fortbewegen würde; doch dem bereits Bewiesenen zufolge ist zu dem Zwecke eine vierfache Kraft nöthig. Daraus folgt, daß die Verwendung des bewegenden Princips, mag dieses in der Kraft von Dämpfen oder von Thieren bestehen, in einem weit größern Verhältniß zunimmt, als die nutzbare Wirkung. Wird ein Boot in einem Canale durch die Kraft zweier Pferde drei Meilen in einer Stunde fortgeführt, so würden, um es sechs Meilen in eben der Zeit fortzuführen, die vierfache Zahl, also acht Pferde, erforderlich sein. So würde also die doppelte Wirkung einen vierfachen Aufwand von Kräften erfordern.

§. 111.

Diese Betrachtungen stellen die Vortheile in ein gutes Licht, welche der Transport durch Dampfwagen auf Eisenbahnen vor Binnenschifffahrt voraus hat. Die bewegende Kraft muß in jedem Falle größer sein als die Last der Ladung; doch statt daß durch größere Schnelligkeit, wie im Wasser, der Widerstand vermehrt würde, findet vielmehr gar kein erhöhter Widerstand statt. Die Friction eines sich 60 engl. Meilen in einer Stunde auf einer Eisenbahn bewegenden Wagens wird nicht größer sein, als bewegte sich derselbe nur eine Meile in einer Stunde, während der Widerstand im Wasser, wäre dort überhaupt solch eine Schnellig-

keit möglich, 3600 Mal vergrößert werden würde. Um einen Wagen auf einer ebenen Eisenbahn fortzuschaffen, ist kein größerer Aufwand von Kraft nöthig, als der, welchen die erhöhte Schnelligkeit erfordert, während die schnellere Bewegung eines Bootes die Consumtion des Bewegungsprincips enorm vermehrt.

Doch wir haben hier angenommen, daß bei Wagen und Schiffen dieselben Bewegungsmittel angewandt würden. Doch scheint dies nicht anwendbar. Hindernisse haben, seltene Fälle ausgenommen, bisher die Anwendung des Dampfs auf Canälen nicht gestattet, und wir sind gezwungen, die Kraft von Thieren in Anspruch zu nehmen. Hier treffen wir wieder auf einen unermeßlichen Nachtheil. Die Anwendung der Thierkräfte geschieht in weit größerer Proportion, als die Zunahme der Schnelligkeit. Ist z. B. ein Pferd von einer gewissen Kraft im Stande, eine Ladung zehn Meilen in einem Tage zu ziehen, so reichen zwei Pferde nicht aus, dieselbe zwanzig Meilen zu ziehen; dazu wäre eine weit größere Quantität Pferde erforderlich. — Das Erstaunen des Publicums, welches kürzlich die außerordentlichen Resultate der Anwendung von Dampfwagen erregten, dient uns zur Unterstützung. Die bewegende Kraft und der Widerstand wurden natürlich mit andern bewegenden Kräften und Widerständen verglichen, mit denen wir vertrauter waren. Die Kraft einer Dampfmaschine ist eigentlich unbegrenzt, außer so fern die Stärke des Materials Schranken setzt. Die Kraft der Thiere dagegen ist beschränkt und ihre Schnelligkeit stets dieselbe. Auch der Widerstand der Eisenbahn läßt sich durch Kunst vermindern, wie er denn ebenfalls nicht im geringsten zunimmt, so schnell auch der Wagen fahren mag; dagegen erleidet die Bewegung eines Schiffs bei größerer Schnelligkeit einen stärkern Widerstand, der bald so hoch steigt, daß er selbst die Kraft des Dampfs vernichtet, wäre es möglich, ihn mit Nutzen zu bewältigen.

Zehntes Capitel.

Hydraulische Maschinen.

Wasserräder. — Oberschlächtige. — Unterschlächtige. — Brusträder. — Barker's Mühle. — Archimedes Schraube. — Schleusenleitung. — Kettenpumpe.

§. 112.

Der Ausdruck »hydraulische Maschinerien« begreift im Allgemeinen alle Maschinen, in welcher die Kraft des Wassers als

Bewegungsmittel angewandt ist, ebenfalls aber auch diejenigen, in welchen andere Kräfte benutzt werden, das Wasser selbst in die Höhe oder fortzutreiben. Viele dieser Maschinen indeß beruhen auf Principien und Eigenschaften, deren Untersuchung in die Physik, also nicht in gegenwärtige Abhandlung gehört. Wir beschränken daher unsere Beobachtungen hier auf diejenigen Maschinen oder Theile derselben, welche sich aus Grundsätzen der Hydrostatik in Verbindung mit den allgemeinen Grundsätzen der Mechanik erklären lassen.

§. 113.

Die gewöhnlichste Art, Wasser als Bewegungsmittel anzuwenden, besteht darin, daß man es durch seine Bewegung oder durch seine Schwere auf den Umfang eines Rades wirken läßt, in rechtwinkliger Richtung zu den Speichen, so daß das Rad sich dreht und diese Bewegung seiner Axe mittheilt. Diese Bewegung wird auf gewöhnliche Weise durch Räderwerk oder dergleichen der in Thätigkeit zu setzenden Maschinerie mitgetheilt.

Wasserräder sind in ihrer Construction verschieden nach der Art und Weise, auf welche das Wasser auf sie einwirken soll. Die gewöhnlichsten Formen heißen oberschlächtige, unterschlächtige und Brusträder.

Oberschlächtige Räder.

§. 114.

Die gewöhnlichste Form der oberschlächtigen Räder ist in Fig. 73. dargestellt. An dem Umkreise des Rades befinden sich viele Vertiefungen, Schaufeln genannt, welche dadurch, daß man die eine Seite als fehlend angenommen, so gezeichnet sind, daß man sie sehen kann. Die Oeffnungen der Schaufeln befinden sich alle in einerlei Richtung rings um das Rad her, durch welche Einrichtung stets die Schaufeln auf der einen Seite ganz oder beinahe nach oben, die auf der andern eben so nach unten gerichtet sind. Daraus folgt, daß die Schaufeln auf der Seite **B** solche Stellung haben, daß sie alle fähig sind, Wasser aufzunehmen, während die auf der Seite **D** das nicht im Stande sind. Nehmen wir an, ein Wasserstrom fließe von **F** in die mit **1** bezeichnete Schaufel. Das Gewicht des Wassers dreht das Rad in der Richtung **1**, **2**, **3** u. s. w., so daß allmählig alle andern Schaufeln unter den Strom kommen und gefüllt werden, und dies dauert fort, bis die Reihe von Rädern von **A** bis **B** gefüllt ist. So wie die Schaufeln sich **B** nähern, fangen sie an, einiges von dem Wasser zu verlieren, was immer mehr zunimmt, so daß sie schon leer sind, ehe sie bei dem niedrigsten Punkte **C** ankommen, und in diesem Zustande steigen sie rings um **CD** zu **A**, wo sie wieder gefüllt werden. Das Rad bleibt also, da auf der an=

dern Seite kein Gegengewicht ist, stets in der sich umdrehenden Bewegung in der Richtung ABCD.

Um die vortheilhafteste Form oberschlächtiger Räder zu ermitteln, hat man verschiedene Versuche angestellt. Die Meisten sind der Meinung, daß der Durchmesser eines oberschlächtigen Rades nie die Höhe des Falles des Wassers, von dem es getrieben wird, überschreiten sollte. Einige indeß meinen, daß der Durchmesser sogar mit Vortheil größer sein dürfe. Rücksichtlich der Schnelligkeit des Rades behaupten Einige, daß, je langsamer die Bewegung, desto größer die Wirkung sei, während Andere dafür halten, daß eine gewisse Schnelligkeit ein Maximum der Wirkung gebe, und behaupten, daß Diejenigen, welche das Gegentheil glauben, keine zur Aufstellung von Grundsätzen hinreichenden Versuche angestellt hätten.

Es bedarf nur wenig Nachdenkens, um zu erkennen, daß die Wirkung am größesten ist, wenn das Rad sich mit einer gewissen Schnelligkeit bewegt, während ein Zu- oder Abnehmen derselben die Quantität der in einer bestimmten Zeit möglichst zu liefernden Arbeit vermindert. Da die Kraft des Rades dieselbe bleibt, so wird die Schnelligkeit, mit der es sich bewegt, verhältnißmäßig geringer sein, als die Last, mit der es beschwert wird. Angenommen, ein Wasserrad setze eine Mühle in Bewegung, in welcher es zu verschiedenen Zeiten eine verschiedene Anzahl von Mühlsteinen zu bewegen hat, so ist einleuchtend, daß, je größer diese Zahl ist, desto langsamer die Bewegung sein wird, welche es jedem derselben mittheilt, und obgleich daher die erlangte Quantität Mehl durch die größere Anzahl der Steine vermehrt ist, wird die Quantität, welche jeder Stein liefert, durch die erhöhte Langsamkeit doch geringer sein. Es giebt da eine gewisse Schnelligkeit, bei welcher diese Wirkungen sich gegenseitig neutralisiren, und findet diese statt, so erreicht die Wirkung ihr Maximum.

Angenommen, die Kraft des Rades würde angewandt, die Steine zu bewegen, ohne daß Korn sich dazwischen befindet; die Schnelligkeit des Rades wird dann offenbar größer sein, da der Widerstand geringer ist. Die Wirkung ist also ohne Nutzen, da die ganze Kraft zur Bewegung der bloßen Maschine angewandt wird. Nun setze man ein Paar Steine in Bewegung; die Schnelligkeit wird unmittelbar durch den erhöhten Widerstand vermindert, und die Wirkung kann nach der Quantität Mehl geschätzt werden, welche von einem einzigen Paar Steinen in einer gegebenen Zeit, z. B. einem Tage, gemahlen wird. Nun setze man zwei Paar Steine in Thätigkeit; der Widerstand ist vermehrt, die Schnelligkeit wird also geringer. Eben so bei dem dritten Paar, so daß endlich, wegen des zu großen Widerstandes

alle Bewegung aufhört. Offenbar ist, daß, sowie sich die Maschine diesem Zustande nähert, die Wirkung sich stufenweis vermindert, bevor sie ganz aufhört, und der Punkt, von welchem diese Verminderung anfängt, ist derjenige, in welchem die Maschine sich mit der Schnelligkeit bewegt, welche die größeste Wirkung hat.

Die Erfahrung beweist, sagt Smeaton, daß die Schnelligkeit von drei Fuß in einer Secunde auf alle oberschlächtigen Räder anwendbar ist, wodurch denn die größtmögliche Wirkung hervor gebracht wird. Doch ist es ebenfalls durch die Erfahrung bewiesen, daß hohe Räder eher von dieser Regel abweichen dürfen, bevor sie ihre Kraft verlieren, als niedrige. Denn ein Rad von 24 Fuß Höhe kann sich in einer Secunde 6 Fuß weit bewegen, ohne beträchtlich an seiner Kraft zu verlieren; dagegen habe ich ein Rad von 33 Fuß Höhe gesehen, welches sich bei einer Schnelligkeit von kaum mehr als 2 Fuß in einer Secunde sehr wohl bewegte.

Unterschlächtige Räder.

§. 115.

Ein unterschlächtiges Rad ist ein gewöhnliches, sich um seine Axe drehendes Rad, an seinem Rande mit einer Anzahl in gleicher Entfernung angebrachter flacher Bretter versehen, welche in von dem Centrum abgekehrten Richtungen hervorstehen und mit ihren Flächen rechte Winkel auf dem Rade bilden. Fig. 74. stellt ein solches Rad dar. Der unterste Punkt des Rades befindet sich in einem Strome, welcher Mühlwasser heißt, und gegen die Bretter treibt, wodurch das Rad mit einer von der Quantität und Schnelligkeit des Wassers, und der Zahl, Form und Stellung der Bretter abhängigen Kraft umgedreht wird.

Das Mühlwasser ist gewöhnlich ein künstlicher Canal. Damit das Wasser mit der größtmöglichen Kraft das Rad treffe, wird dem Mühlwasser **AB**, Fig. 75., nicht mehr Fall gegeben, als das Wasser zur Bewegung nöthig hat, bis es in die Nähe des Rades kommt. Dort wird ein Fall **BF** gebaut, und da der Strom hierdurch eine mit der Höhe des Falls correspondirende Schnelligkeit erlangt hat, fährt er gegen die Bretter und setzt das Rad in Bewegung. Die Erfahrung hat es als vortheilhaft herausgestellt, daß die Bretter nicht nach dem Mittelpunkte convergiren, sondern, statt senkrecht auf dem Rade zu stehen, einen spitzen Winkel gegen den Strom bilden sollten. Dadurch wird die Kraft nicht bloß durch den Andrang, sondern gewissermaßen auch durch das Gewicht des Wassers vermehrt.

Die Versuche, welche man anstellte, um die geeignetste Schnelligkeit des Rades und die passendste Anzahl von Brettern

unter gegebenen Umständen zu bestimmen, scheinen nicht zu Grundsätzen geführt zu haben, welche allgemein und zuverlässig wären, um sie hier zu erwähnen.

Brusträder.

§. 116.

Sie vereinigen beide vorhergehenden in sich. Gleich den unterschlächtigen sind sie mit flachen Brettern statt der Schaufeln versehen, doch werden sie, gleich den oberschlächtigen, mehr durch das Gewicht, als durch den Andrang des Wassers in Bewegung gesetzt, das Wasser fließt durch einen Punkt M, Fig. 76., beinahe im Niveau mit der Axe des Rades, und der Canal unterhalb dieses Punktes ist so nach der Form des Rades eingerichtet, daß die flachen Bretter damit fast in Berührung kommen. Die zwischen den Brettern und dem Canal eingeschlossenen Räume dienen so zu demselben Zwecke, wie die Schaufeln an den oberschlächtigen Rädern und das in sie eingeschlossene Wasser dreht das Rad durch seine Schwere.

Barker's Mühle.

§. 117.

Die unter diesem Namen bekannte Maschine besteht aus einer hohlen aufrechten Röhre von Metall AB, Fig. 77., welche oben bei B in einen Trichter ausläuft und an einer aufrechten Axe CD befestigt ist, an der sich ein gezähntes Rad befindet, durch welches eine Maschinerie in Bewegung gesetzt werden kann. Die hohle Röhre BA steht mit einer an den Enden verschlossenen Querröhre EF in Verbindung; die senkrechte Röhre A ist unten verschlossen und geht in einen Zapfen aus, welcher sich frei in einer kegelförmigen Vertiefung bewegt. Das Ganze ist von einem Gestell eingeschlossen und in einen Behälter gesteckt. Gießt man aus der Röhre G Wasser in den Trichter B, so daß die aufrechte und Querröhre davon gefüllt wird, so wird, steht das Wasser bis B, ein Druck auf jeden Theil der Querröhre EF ausgeübt, der dem Gewicht einer Wassersäule von der Höhe AB gleich ist. Da aber dieser Druck in jeder möglichen Richtung auf die Röhre EF wirkt, so bleibt die Röhre im Gleichgewicht und es findet keine Bewegung statt. Nun bohre man mehr an den Enden an entgegengesetzten Seiten zwei Löcher (Fig. 77.) in die Röhre EF, und lasse durch G so viel Wasser zufließen, als durch diese Löcher abfließt, so daß die Wasserhöhe erhalten wird. Diese Theile der Röhre EF, aus welchen das Wasser fließt, werden so von dem erwähnten Drucke befreit, doch die correspondirenden Theile an den entgegengesetzten Enden werden denselben noch immer zu erleiden haben. Dieser Druck hat daher kein Gegengewicht mehr, da beide streben, die Röhre in derselben Richtung umzudrehen.

Die Arme **EF** werden daher unmittelbar sich zu drehen anfangen, und die aufrechte Röhre auf dem Zapfen umdreben, indem sie zugleich das oben befindliche gezähnte Rad in eine Bewegung setzen, die für jede beliebige Maschine angewandt werden kann. Diese Bewegung geschieht nach einem Grundsatze, welcher genau demjenigen gleich ist, der verursacht, daß eine Flinte beim Abschießen zurückfährt.

Die Schraube des Archimedes.

§. 118.

Dieses Instrument soll von Archimedes während seines Aufenthalts in Aegypten zu dem Zwecke erfunden sein, die Bewohner in Stand zu setzen, Niederungen von Sümpfen zu befreien, die von den Ueberschwemmungen des Nil zurückgeblieben waren; und Athenäus bestätigt, daß Archimedes dafür in hohen Ehren gestanden habe.

Dieses Instrument kann unter verschiedenen Formen dargestellt werden, welche indeß alle auf demselben Grundsatze beruhen. Eine bleierne Röhre sei spiralförmig gleich einem Korkzieher gewunden, wie Fig. 78. zeigt. Das Ende **A** sei offen und stehe nach oben, die Schraube selbst aber habe eine schräge Richtung. Aus ihrer besondern Form und Stellung erhellt, daß, bei **A** anfangend, die Schraube fällt, bis wir zu einem gewissen Punkte **B** kommen; von **B** nach **C** dagegen steigt sie. Der Punkt **C** liegt so, daß die Röhre auf jeder Seite fällt; dann kommen wir zu einem andern Punkte **D**, welcher, gleich **B**, eine solche Lage hat, daß von ihm aus die Röhre an jeder Seite steigt, daß folglich ein in **D** befindlicher Körper sich, ohne zu steigen, gar nicht in der Röhre bewegen kann, u. s. w.

Nehmen wir nun an, daß eine sich frei in der Röhre bewegende Kugel in **A** gesteckt werde. Da die Röhre von **A** nach **B** fällt, so fällt auch die Kugel durch ihr Gewicht, bis sie in **B** ankommt. Hier wird sie noch eine kleine Strecke nach **C** zu in die Höhe fahren, aber ihr Gewicht zieht sie bald wieder herab, und nach einigen Schwankungen auf jeder Seite von **B** wird die Bewegung durch die Friction bald gehemmt werden und die Kugel in **B** ruhig liegen bleiben.

Nun denke man sich, die Kugel werde eine Zeitlang in **B** festgehalten, so daß sie sich nicht bewegen kann; und die Schraube werde halb umgedreht, so daß das Ende **A** nach unten steht und der Punkt **B** beinahe der höchste Punkt der Curve **ABC** wird. Es ist klar, daß die Reihe von Punkten **BD** u. s. w., welche vorher so lag, daß die Röhre auf jeder Seite emporstieg, nun sich gerade in der umgekehrten Lage befinden, indem sie mit den Punkten **CE** u. s. w. ihre Stellung vertauscht haben, wie Fig.

79. zeigt. Die Kugel hängt nun oben in B; wird sie losgemacht, so fällt sie durch ihre Schwere von B nach C, wo sie bleibt. Der Punkt, in welchem B sich in Fig. 78. befand, ist in Fig. 79. mit b bezeichnet. Die ganze Wirkung dieser halben Wendung besteht also darin, die Kugel von b nach C zu bringen, welches nichts anderes ist, als sie auf der schrägen Fläche AG Fig. 79. hinauf, von b nach C zu bringen. — Eine zweite halbe Wendung der Schraube wird eine ähnliche Wirkung haben, und so ist es klar, daß wir auf diese Weise darthun könnten, daß unter den vorausgesetzten Umständen die Kugel allmählig von dem untersten Punkte der schrägen Fläche bis zu dem höchsten, so weit die Schraube reicht, emporgehoben wird.

Alles jedoch, was von dieser Kugel gesagt ist, gilt auch, wenn eine Quantität Wasser statt der Kugel in der Röhre enthalten wäre. Würde daher das Ende der Schraube in Wasser gesteckt, so daß das Wasser durch sein eigenes Gewicht stets in das Ende der Röhre getrieben würde, so würde es, drehte man die Röhre, durch die Spiralwindungen nach und nach so hoch steigen, als diese reichen.

Auf die Stellung der Schraube kommt viel an. Stände sie aufrecht, so würde die Kugel von oben bis unten herabfallen; eine geringe Neigung würde diesem Uebelstande noch nicht abhelfen; erhält die Schraube aber eine solche Neigung, daß in jeder Spiralbiegung sich ein Punkt befindet, der so liegt, daß der Theil, welcher nach der untern Seite hin steht, emporsteigt, so wird die in solch einem Punkte befindliche Kugel in Ruhe bleiben, und wird die Schraube gedreht, steigen, wie bereits gesagt wurde.

Beim praktischen Gebrauch ist der Spiralcanal, durch welchen das Wasser geleitet wird, nicht in Röhrenform. Einen Durchschnitt solch eines praktischen Instruments giebt Fig. 80.

Die Schraube besitzt dadurch einen Vortheil vor gewöhnlichen Pumpen, daß sie auch unreines, mit Schlamm und Sand gemischtes Wasser abführen kann. Dr. Brewster erwähnt einer, welche 1816 in der Nähe von Paisley gebraucht wurde. Die Röhre wurde durch ein Wasserrad bewegt, welches durch einen langen Stiel mit der Schraube in Verbindung stand; an der Schraube befand sich ein Wellenrad, welches in ein anderes am Ende des Stieles griff; ein anderes an der Axe des Wasserrades befindliches faßte in ein correspondirendes am andern Ende des Schaftes. Die Schraube wurde so durch das Fallen des Wassers aus dem Behälter, aus welchem das Wasser durch die Schraube selbst gehoben wurde, in steter Umdrehung gehalten.

Der Schleusenregierer.

§. 119.

Bei Erklärung der Wirkung der Wasserräder wurde gezeigt, daß bei einer gewissen Schnelligkeit die Wirkung ihre höchste Kraft erreichte. Jede Abweichung von diesem Grade macht die Wirkung geringer; da aber das Mühlwasser beträchtlichem Sinken und Steigen ausgesetzt ist, so mußte man für Mittel sorgen, die Quantität des Wassers zu controliren und seine Kraft zu messen, so daß das Rad in einer stetigen Schnelligkeit bleibt. Daher muß die Kraft, welche Maschinen u. s. w. in Bewegung setzt, so regulirt werden, daß sie unter allen Umständen eine gleichmäßige Bewegung hervorbringt. Und dieselbe Erfindung hat man auch für solche Bewegungsmittel anwendbar gefunden, welche ihrer Natur nach sehr verschieden sind, z. B. Wasser, Dampf, u. s. w.

DD, Fig. 81. ist ein Schaft, an welchem ein mit einer Furche versehenes Rad befestigt ist; um dieses Rad wird ein Seil gelegt, welches von einem correspondirenden Rade bewegt wird, das an einem Schaft in der von dem Wasserrade bewegten Maschinerie sitzt. **BB** sind zwei schwere Kugeln, an Stielen **BEF** befindlich, welche bei **E** an einem Gelenke beweglich sind. Diese sind durch Gelenke in **F** verbunden, mit andern Stangen, welche auf einem Ringe in **H** verbunden sind, in welchem der Schaft **DD** auf- und niedergleitet. Dieser Ring sitzt mit dem Ende **I** an einem Hebel, dessen Stütze in **G** ist, und der an dem andern Ende einen Ring oder eine Gabel **A** hat, welche die Axe einer doppelten Büchse **Q** der Art einschließt, daß die Axe sich frei in derselben bewegen kann. Diese Büchse **Q** befindet sich selbst auf einer Axe oder einem Schafte, an welchem sie frei auf- und nieder gleiten kann, doch so, daß, wenn sie sich dreht, auch der Schaft sich mitdrehen muß. Die Wirkung der hier beschriebenen Einrichtung ist deutlich.

Werden die Kugeln **BB** von der Axe erhoben und aus einander gezogen, so verursachen die auf dem Zapfen **E** sich drehenden Stangen, daß ebenfalls die beiden Enden **F** sich trennen und ihren Abstand von der Axe erweitern. Dies zieht die Stangen **FH** nach derselben Richtung, und verursacht, daß der Ring **H** fällt, und das Ende **I** des Hebels mit sich zieht. Das andere Ende **A** wird dadurch emporgehoben. Werden dagegen die Kugeln **BB** der Axe genähert, so findet das Gegentheil statt, so daß das Ende **I** sich erhebt, und das Ende **A** sinkt. In dem einen Falle wird die Gabel **A** den Punkt **Q** aufheben, in dem andern niederdrücken, so daß **Q** an dem Schaft **LM** herabgleitet. An diesem Schaft befinden sich zwei gefurchte Räder **OP**, welche sich

leise darauf bewegen und sich unabhängig vom Schaft drehen. Auf diese beiden wirkt ein drittes gefurchtes Rad R, welches jene nach entgegengesetzten Richtungen kehrt. Dieses Rad empfängt seine Bewegung von dem Schaft DD, mit welchem es durch andere in der Figur nicht dargestellte Räder zusammenhängt. — Unter den hier erklärten Umständen ist der Schaft LM in Ruhe, und auf ihm befinden sich die Räder OP, welche sich frei in entgegengesetzten Richtungen drehen, und die Maschine als mit der ihr eigenthümlichen Schnelligkeit sich bewegend angenommen.

Nun nehme man an, diese Schnelligkeit werde durch irgend eine Ursache plötzlich verstärkt. Der durch die drehende Bewegung gesteigerten Centrifugalkraft wegen werden die Kugeln BB von dem Schaft DD zurückweichen, und wie bereits gesagt, verursachen, daß Q zu dem Rade P emporsteige. Q hat vier hervorragende Zapfen, welche von dem Ende A des Hebels in correspondirende, in dem Rade befindliche Löcher gedrückt werden. Alsdann muß Q sich mit dem Rade umdrehen, und mit ihm denn auch die Axe.

Dagegen wollen wir jetzt annehmen, daß die Schnelligkeit der Maschine aus irgend einem Grunde vermindert werde. Da so auch die Centrifugalkraft der Kugeln BB vermindert ist, so haben letztere auch weniger Bestreben, von der Axe DD abzuweichen, sie werden daher auf sie zufallen; dadurch wird verursacht, daß das Ende des Hebels A sich an dem Schaft LM niederbewege, und die Zapfen der untern Seite von Q in die Löcher im Rade O drücke. Q und der Schaft LM drehen sich nun mit d m Rade O, in einer der vorigen entgegengesetzten Richtung, so daß also der Schaft LM, je nachdem die Bewegung stärker oder schwächer ist, sich bald nach der einen, bald nach der andern Seite dreht. Dieser Schaft steht mittelst einer endlosen Schraube mit einem gezähnten Bogen in Verbindung, der, wie die Figur zeigt, auf ein Schleusengatter wirkt, und wird der Schaft nach einer Seite gedreht, schließt sich das Gatter, wird er nach der andern gedreht, geht dasselbe in die Höhe, so daß mehr Wasser durchfließt.

So bewegt sich die Maschine beständig in gleichförmiger Ordnung, und der Schleusenordner wird in dem ersten Falle so angebracht, daß Q von beiden gezähnten Rädern frei ist, wenn die Maschine sich nach der ihr eigenthümlichen Weise bewegt.

Die Kettenpumpe.

§. 120.

Die Kettenpumpe ist eine Erfindung, welche den Zweck hat, Wasser in einem Cylinder emporzutreiben, welcher einen beweg-

lichen, wasserdicht in ihn passenden Boden hat, der bis zur Spitze hinaufbewegt werden kann und dann den ganzen Inhalt des Cylinders vor sich hertreibt. In Fig. 82. ist **AB** ein Cylinder, dessen unterer Theil in eine Quelle oder dergleichen gesteckt wird, während der obere in den Boden eines Behälters tritt, in dem das Wasser gehoben werden soll. Eine endlose Kette liegt um das oben befindliche Rad herum, und ist in gleichen Entfernungen mit Boden versehen, welche wasserdicht in den Cylinder passen. So wie diese nach und nach in den Cylinder treten, treiben sie das Wasser vor sich her, welches sich in den an der Mündung des Cylinders befindlichen Behälter ausleert. Die Kraft, durch welche das Rad in Bewegung gesetzt wird, kann jede mögliche sein. Die vortheilhafteste Lage des Cylinders ist die schräge, in welcher er mehr wirkt, als in der senkrechten, und die ganze Wirkung ist am größten, wenn die Entfernung der Boden an der Kette von einander ihren Breite-Durchmessern gleich ist.

Pneumatik.

Erstes Capitel.

Einleitung.

Körperform. — Wirkung der Hitze auf dieselben. — Elasticität. — Eintheilung der Mechanik. — Compressibilität und Incompressibilität. — Fortwährend elastische Flüssigkeiten. — Dünste. — Dämpfe. — Atmosphärische Luft.

§. 121.

Die Wirkungen, welche Hitze auf den physischen Zustand eines Körpers hervorbringt, sind in dem ersten Capitel unserer Abhandlung von der Hydrostatik bemerkt worden. Die entgegengesetzten Principe der Cohäsion und Abstoßung wechseln ihr Verhältniß durch die Aenderung, welche durch eine Zu- oder Abnahme der in dem Körper befindlichen Hitze geschieht. Der flüssige Zustand der in der Hydrostatik behandelten Körper ist der Art, daß diese widerstreitenden Principien sich ziemlich im Gleichgewicht befinden. In dem Theile der Physik, welchen wir jetzt untersuchen wollen, werden Körper in dem Zustande betrachtet, welcher aus dem vorherrschenden Einflusse des abstoßenden Princips entspringt. Die Bestandtheile solch eines Körpers treiben alle andern so wirksam zurück, daß sie aus einander fliegen und sich trennen, so daß die ganze Masse aus einander geht, bis ihre Ausdehnung durch die Wirkung angemessener Kräfte begrenzt wird, die sie in gewissen Dimensionen halten.

Das bekannteste Beispiel des hier erwähnten physischen Zustandes ist die atmosphärische Luft.

AB, Fig. 1. sei ein Cylinder, in welchem ein Stempel **P** sich luftdicht bewegt, und ein kleiner Theil, z. B. ein Cubikzoll atmosphärische Luft zwischen dem Stempel und dem Boden des Cylinders enthalten; nun werde der Cylinder in die Höhe gezogen, wie in Fig. 2., so daß der Raum unter demselben sich zu

zwei Cubikzoll vergrößert. Die Luft wird nun nicht mehr bloß den einen Cubikzoll füllen, wie z. B. Wasser thun würde, sondern sich ausdehnen, bis sie sich durch beide Cubikzoll verbreitet, so daß selbst der kleinste Theil dieses Raumes mit Luft erfüllt ist. Hebt man den Stempel noch höher, so daß zwischen ihm und dem Boden sich drei Cubikzoll befinden, so wird die Luft sich immer weiter ausdehnen und durch jeden Theil des vergrößerten Raums verbreiten, und so wird stets dieselbe Wirkung stattfinden, wie hoch man auch den Stempel heben möge.

Dieser Fähigkeit, mit dem vergrößerten Raume sich auszudehnen, wegen nennt man die Luft und jeden Körper, der eine gleiche Beschaffenheit hat, ein elastisches Fluidum, wogegen Flüssigkeiten, deren Theile einander nicht abstoßen, so daß sie die erwähnte Wirkung hervorbringen, unelastische Fluida heißen. So bildet die mechanische Theorie unelastischer Flüssigkeiten den Gegenstand der Hydrostatik, die der elastischen Fluida den der Pneumatik. Weil Wasser, die gewöhnlichste Flüssigkeit, als der Typus aller andern angenommen wird, so ist der Name Hydrostatik von zwei griechischen Wörtern entlehnt, welche Wasser und Gleichgewicht bedeuten. Da gleicher Weise die Luft als der Typus aller elastischen Körper angenommen wird, so ist auch der Name Pneumatik von einem griechischen Worte entlehnt, welches Luft oder Athem bedeutet.

§. 122.

Die Eigenschaften des luftförmigen Zustandes können nicht eigentlich als die Basis der Classification dieser Körper angesehen werden, weil, durch die Wirkung der Hitze, alle Körper in diesen Zustand gebracht werden können; und obgleich die Frage noch nicht durch einen wirklichen Versuch entschieden ist, so führen doch strenge Analogieen zu dem Schlusse, daß alle luftförmigen Körper, selbst die Atmosphäre eingeschlossen, fähig sind, in Flüssigkeiten verwandelt, ja sogar in eine feste Form gebracht zu werden. Wir dürfen daher die durch drei verschiedene Zweige der Physik ermittelten Eigenschaften, der festen, flüssigen und gasartigen Körper, nicht als besondere Eigenschaften verschiedener Körper, sondern müssen dieselben als Eigenschaften ansehen, welche auf alle Körper passen, je nachdem sie von gewissen äußern Mitteln afficirt werden.

Diese Beobachtungen zu beweisen bietet Wasser einen passendes Beispiel dar. Im eisigen Zustande gehört es in die, gewöhnlich so genannte, Mechanik. Verliert es diese feste Beschaffenheit, so gehört es in's Gebiet der Hydrostatik. Eine noch mehr erhöhete Temperatur löst es in Dünste auf und theilt ihm

jene Eigenschaften mit, durch die seine Untersuchung in die Pneumatik gehört.

Da, wird einem Körper fortwährend Wärme mitgetheilt, dieser successive aus dem festen in den flüssigen und aus diesem in den gasförmigen Zustand übergeht, und durch Entziehung der Hitze das umgekehrte Verhältniß stattfindet: so könnte man vielleicht schließen, daß alle Körper im festen Zustande kälter sein müßten, als die im flüssigen, und die im flüssigen kälter als die im gasartigen. Indeß stellt sich ein solcher Schluß auf zweifache Weise als ungegründet dar.

1) Körper verschiedener Art gehen bei verschiedenen Temperaturen aus dem einen dieser Zustände in den andern über; wollten wir z. B. Wasser in den festen Zustand bringen, so wäre eine Temperatur von 32° nöthig; bei Quecksilber dagegen bei weitem mehr. Daraus sieht man, daß Wasser in dem festen Zustande von höherer Temperatur ist, als Quecksilber in dem flüssigen. Umgekehrt muß man, um Wasser in den gasartigen Zustand zu bringen, die Temperatur zu 212° erhöhen. Um dagegen Quecksilber in den gasartigen Zustand zu bringen, wäre eine Temperatur von mehr als 650° erforderlich. Daraus erhellt, daß Wasser im luftförmigen Zustande einen bei weitem geringern Grad Wärme hat, als Quecksilber im flüssigen; doch

2) der eben bemerkte Irrthum entspringt theils aus der Voraussetzung, daß alle Wärme, welche ein Körper enthält, in einem Zustande ist, der auf die Sinne oder das Thermometer einwirkt. Mit andern Worten, man hat vorausgesetzt, daß, so lange ein Körper vom Feuer oder einem andern Gegenstande Wärme empfängt, so lange auch seine Wärme zunehmen und er selbst heißer werden wird. Daß diese Annahme falsch sei, läßt sich leicht beweisen. Man lege eine Quantität Eis in der Temperatur von 32° in ein Gefäß, welches sechs Mal so viel Wasser in der Siedehitze enthält, so verliert das Wasser augenblicklich seine Hitze; doch wird während dem die Temperatur des Eises nicht erhöht. Nach dem Verlauf einer hinreichenden Zeit wird das ganze Eis flüssig und vermischt sich mit dem Wasser, und man wird finden, daß der ganze Inhalt des Gefäßes sich jetzt nur noch in einer Temperatur von 32° befindet. Hieraus erhellt, daß das Wasser so viel von seiner Temperatur verloren hat, als es dem Eise mittheilte. Dagegen hat das Eis keine größere Wirkung auf das Thermometer oder die Sinne gewonnen, ungeachtet der großen Quantität Hitze, welche es einzog. Die Entwickelung der hierauf gegründeten Theorie gehört nicht zu dem Theile der Physik, mit welchem wir gegenwärtig beschäftigt sind, doch reicht schon die bloße Hinstellung des Factums aus, zu be-

weisen, daß wir nicht schließen dürfen, weil Dämpfe und das Wasser, aus welchem diese hervorgingen, dieselbe Wirkung auf das Thermometer und die Sinne hervorbringen, sie auch dieselbe Quantität Wärme enthalten müßten, und daß die Thatsache, daß ein Körper heißer oder kälter ist als ein anderer, den Schluß nicht rechtfertigt, daß in dem einen mehr oder weniger Hitze als in dem andern enthalten ist.

§. 123.

So wie ein elastisches Fluidum die Eigenschaft besitzt, aus einander zu gehen, wenn die Grenzen, in die es eingeschlossen ist, erweitert werden, so unterscheidet es sich auch dadurch von den festen und flüssigen Körpern, daß es einer Kraft nachgiebt, welche diejenige, mit der seine Theile einander abstoßen, übertrifft. Diese Eigenschaft heißt Compressibilität; und obgleich dieselbe unter gewissen Umständen in einem kleinen Grade auch in flüssigen Körpern stattfindet, und dieselbe wahrscheinlich eine Eigenschaft ist, an der alle Körper in gewissem Grade Theil haben; so kommt sie doch so deutlich den Körpern in Gasform zu, daß man diese häufig compressible Fluida, im Gegensatz von Flüssigkeiten, welche incompressible Fluida heißen, nennt. Bei der Anwendung einer bedeutenden Kraft findet man, daß die Dimensionen von Flüssigkeiten zwar in einem sehr geringen Grade nachgeben; indeß ist diese Wirkung so unbedeutend, und der Erfolg so besonderer Umstände, daß dieselben beinahe von völlig praktischer Unwichtigkeit sind. Das ist indeß mit elastischen Fluidis nicht der Fall; selbst einem unbeträchtlichen Drucke geben sie nach und gestatten, daß ihr Umfang, oft ohne irgend eine annehmbare Grenze, bis zu einem bedeutenden Grade zusammengedrängt wird. Die Folgen und Gesetze der Compressibilität und Dehnbarkeit der elastischen Fluida soll hiernächst weiter ausgeführt werden.

§. 124.

Von den verschiedenen in der Natur beobachteten elastischen Fluidis hat man einige nie in flüssiger Form gefunden, auch hat man einige nie durch Kunst in diese Form bringen können, z. B. atmosphärische Luft. Körper solcher Art nennt man fortwährend elastische Fluida. Jedoch liegt in diesen Worten noch nicht die Unmöglichkeit, dieselben in den flüssigen Zustand zu bringen; nur so viel liegt darin, daß dieses bis jetzt noch nicht gelungen ist. Auch pflegt man den Körpern dieser Gattung den Namen »Gas« beizulegen. Wenn Körper gewöhnlich im flüssigen Zustande existiren, aber durch Hitze und andere Ursachen oft die elastische Form erhalten, so heißt das elastische Fluidum Dunst oder Dampf, und der Proceß heißt Verdunstung

oder **Verdampfung.** Beide Ausdrücke werden meist als gleichbedeutend gebraucht.

§. 125.

Diese in die Pneumatik gehörigen, mechanischen Eigenschaften der elastischen Fluida findet man in der atmosphärischen Luft; manche derselben erstrecken sich auf alle elastischen Fluida; jedoch giebt es einige, welche, zumal auf Dämpfe angewandt, durch verschiedene Umstände modificirt werden müssen, welche eher zur Theorie der Wärme, als zu den Gegenständen dieser Abhandlung gehören. Die Pneumatik beschränkt sich also bloß auf die Atmosphäre; jedoch erhält sie durch andere Zweige der Physik solche Modificationen, daß sie fähig wird, sich auch auf Dämpfe und die verschiedenen Gasarten anwenden zu lassen.

Zweites Capitel.

Eigenschaften der atmosphärischen Luft.

Atmosphärische Luft ist materiell. — Ihre Farbe. — Ursach des blauen Himmels. — Grund der grünen Meerfarbe. — Die Luft hat Gewicht. — Experimente. — Trägheit (inertia) der Luft. — Beispiele ihres Widerstandes. — Sie erlangt Bewegkraft. — Beispiele ihrer Verdichtung. — Luft ist undurchdringlich. — Experimentalbeweise.

§. 126.

Die Atmosphäre ist das dünne, transparente Fluidum, welches die Erde bis zu einer beträchtlichen Höhe umgiebt, das animalische Leben durch das Einathmen erhält, und ebenfalls den Vegetabilien nothwendig ist. Diese Substanz wird meist, doch mit Unrecht, für unsichtbar gehalten. Daß sie nicht unsichtbar sei, zeigt die Bläue des Himmels. Diese Farbe hat nicht etwa den Raum, in welchem die Sterne sich befinden, sondern sie ist ein Erzeugniß der Luftmasse, durch welche wir diese Körper sehen. Ist aber die Luft ein azurfarbiger Körper, kann man fragen, warum hat denn nicht der uns unmittelbar umgebende Raum diese Azurfarbe? Diese Frage ist leicht zu beantworten.

Es giebt gewisse Körper, welche die Farbe so schwach zurückwerfen, daß, wenn sie in begrenzten Quantitäten existiren, der Theil farbigen Lichts, welchen sie dem Auge zuführen, nicht hinreicht, um bemerkbar zu werden, d. h. im Geiste eine Vorstellung von der Farbe zu erregen. Beispiel dafür sind alle halbdurchsichtigen Körper. Man fülle ein Champagnerglas mit Rothwein, so wird der Wein oben in dem Glase seine eigenthümliche

Farbe behalten; so wie sich aber der Umfang des Glases vermindert, wird diese Farbe schwächer werden, so daß der Wein an dem untersten Theile beinahe so durchsichtig wird, als Wasser.

Das Meerwasser liefert ein ähnliches Beispiel. Blicken wir ins Meer, wo dasselbe eine beträchtliche Tiefe hat, so finden wir das Wasser grünlich gefärbt; nehmen wir aber ein Glas voll Wasser heraus, so sehen wir dasselbe klar und ungefärbt. Der Grund ist, daß die in dem Glase enthaltene Quantität zu wenig Farbe reflectirt, als daß man sie bemerken könnte.

Dasselbe findet in der Atmosphäre statt; ihre Farbe, selbst die eines beträchtlichen Theils derselben, ist zu schwach, um bemerkbar zu sein. Betrachten wir aber die ungeheure Masse der Atmosphäre, durch welche wir das Firmament sehen, so wird die Farbe hinreichend reflectirt, um sichtbar zu sein. Jedoch ist die ganze Dicke der Atmosphäre dazu nicht einmal nöthig. Ferne Berge erscheinen blau, nicht weil dies ihre Farbe ist, sondern die des Mediums, durch welche wir sie sehen.

Obschon die vorhergehenden Bemerkungen mehr in die Optik, als zu unserm Gegenstande gehören, so mögen sie, da das Vorhandensein von Farbe einer der Beweise von der Gegenwart eines Körpers ist, in einer Untersuchung über die mechanischen Eigenschaften der atmosphärischen Luft doch nicht fremd erscheinen. Der an physikalische Untersuchungen nicht gewöhnte Verstand findet es schwierig, daß ein so leichter, dünner, unfühlbarer und scheinbar geistiger Körper aus Theilen zusammengesetzt sein sollte, deren Haupteigenschaften mit denen der solidesten, härtesten Massen identisch sind. Die Erfahrung wenigstens, daß wir die Luft sehen, muß den Verstand an die Voraussetzung gewöhnen, daß die Luft ein Körper sei.

§. 127.

Unter den Eigenschaften, welche zum Stoffe gehören, und so weit wir wissen, davon unzertrennlich sind, nehmen Schwere und Trägheit (inertia) einen bedeutenden Platz ein. Um also zu erfahren, ob die Luft etwas Materielles ist, müssen wir sehen, ob sie diese Eigenschaften besitzt. Wir werden im Verlauf dieser Abhandlung noch bedeutende Beweise dafür haben; doch wollen wir es jetzt gleich so erläutern, daß wir bei allen folgenden Erklärungen darauf zurückgehen können.

§. 128.

Der directeste Beweis, daß die Luft Schwere hat, liegt in dem Factum, daß, wenn eine Quantität derselben an den Arm einer Wage gehängt wird, an dem entgegengesetzten Arme ein absolutes Gewicht erforderlich ist, um jenem das Gegengewicht zu halten.

Man nehme ein etwa 2 Quart haltendes Gefäß von dünnem Kupfer, mit engem Halse, in welchem ein Hahn sich befindet, durch dessen Drehen das Gefäß beliebig geöffnet oder verschlossen wird. Dann habe man zwei Instrumente, welche Luftpumpen heißen, die eine zum Ausschöpfen, die andere zum Verdichten. Erstere werde auf den Hals des Gefäßes geschroben, der Hahn geöffnet, so daß das Innere des Gefäßes freie Communication mit dem Boden der Luftpumpe hat; wird diese nun in Thätigkeit gesetzt, so wird ein großer Theil der in dem Gefäße enthaltenen Luft demselben entzogen. Dann schließe man den Hahn, um den Zutritt der Luft zu verhüten, und mache das Gefäß von der Luftpumpe los. Nun lege man es in die Schale einer genau eingerichteten Wage, und bringe in der andern Schale genau das Gegengewicht hervor. Dieses Gewicht ist das des Gefäßes und des kleinen Theils Luft, welcher darin bleibt, wenn letzterer überhaupt irgend ein Gewicht hat. Nun werde der Hahn geöffnet, und man wird sogleich hören, wie die äußere Luft in das Gefäß strömt. Ist so eine kleine Quantität hineingelassen, so werde der Hahn wieder geschlossen. Man wird nun finden, daß das kupferne Gefäß um etwas schwerer ist, als vor dem Zulassen der Luft; denn der Arm der Wage, an welchem es hängt, hat das Uebergewicht.

Späterhin werden wir noch mehrere Beispiele von der Schwerkraft der atmosphärischen Luft geben; doch wollen wir aus dem eben angestellten Experimente für jetzt erst das Princip ableiten, daß die Luft überhaupt Gewicht hat.

§. 129.

Daß die Luft im Allgemeinen, gleich den übrigen Körpern, die Eigenschaft der Trägheit besitzt, sehen wir täglich. Zu den Wirkungen, welche anzeigen, daß feste Körper diese Eigenschaft haben, gehört auch die, daß, wenn ein fester Körper einen andern in Bewegung setzt, ersterer so viel an Kraft verliert, als letzterer empfängt. Diesen Kraftverlust nennt man Widerstand, und entspringt aus der Eigenschaft der Trägheit oder Unfähigkeit, in einer gegebenen Richtung mehr Kraft zu erregen, als im voraus existirte. Ist die Atmosphäre ruhig und windstill, so behalten die Lufttheilchen ihre Lage und bleiben in einem Zustande der Ruhe. Wird ein fester Körper mit breiter Oberfläche durch die in diesem Zustande befindliche Luft bewegt, so muß derselbe alle Lufttheilchen in Bewegung setzen, welche in dem Raum liegen, durch welchen er geht. Besäße die Luft nun keine Trägheit, so wäre keine Kraft erforderlich, sie in Bewegung zu setzen; und da in dem Falle der Luft keine Kraft mitgetheilt würde, so würde der feste Körper auch keine verlieren; mit andern Worten: der

feste Körper würde bei seiner Bewegung keinen Widerstand finden. Das streitet aber gegen alle Erfahrung. — So ist es die Trägheit der Luft, welche die Schwingen der Vögel wirksam macht. Könnte ein Vogel, ohne zu athmen, in einem luftleeren Raume leben, so würde er nicht fliegen können.

Wie aber ein in Ruhe befindlicher Körper seine Trägheit durch den Widerstand zeigt, den er bietet, wenn er in Bewegung gesetzt wird, so zeigt ein in Bewegung gesetzter Körper dieselbe Eigenschaft durch die Kraft, mit welcher er auf einen in Ruhe befindlichen Körper stößt, so z. B. die Wirkung der in Bewegung gesetzten Atmosphäre. Wind ist nichts anders, als bewegte Luft, und seine Kraft hängt, wie bei jedem andern Körper, von der bewegten Menge und der Schnelligkeit der Bewegung ab. Bei einer Windmühle entspringt die bewegende Kraft aller schweren Theile der Maschinerie von der Kraft des Windes, welche auf die Segel wirkt. Ein Schiff wird über die Tiefe getrieben, und die Tiefe selbst in Wellen erhoben durch die Trägheit der in Bewegung gesetzten Atmosphäre. Mit dem Zunehmen der Schnelligkeit wird die Kraft immer unwiderstehlicher; Gebäude, Bäume, selbst die Erde werden von der Kraft des Orcans erschüttert.

§. 130.

Da man nun die Luft sehen und fühlen kann, da sie Farbe und Gewicht hat, und Widerstand leistet, so können wir nicht mehr zweifeln, daß sie Eigenschaften besitze, welche ihr eine Stelle unter den materiellen Substanzen anweisen; doch bleibt noch eine andere Eigenschaft zu bemerken übrig, welche vielleicht mehr als alles Andere dafür spricht. Die Luft ist undurchdringlich; sie besitzt die Eigenthümlichkeit des Stoffs, vermöge welcher sie keinen andern Körper in den von ihr eingenommenen Raum einläßt, bis sie denselben ganz verlassen hat. Diese Eigenschaft besitzt die Luft eben so positiv, als der Demant. Die Schwierigkeit, welche man oft empfindet, um die Undurchdringlichkeit derartiger Substanzen zu begreifen, entspringt theils daraus, daß man Undurchdringlichkeit und Härte verwechselt, theils aber aus Nichtbeachtung des Umstandes, daß ein durch die Luft sich bewegender Körper diese auf dieselbe Weise vor sich hertreibt, wie ein Schiff das Wasser, worauf es fährt. Eine mit Luft gefüllte Blase widersteht jedem Druck bis zum Zerplatzen.

Daß die Luft keinen andern Körper in den von ihr eingenommenen Raum einläßt, wird sich aus folgendem Experiment erweisen.

AB, Fig. 3., sei ein bei **A** offenes gläsernes Gefäß, welches am Boden eine kurze mit einem Hahn **C** versehene Röhre hat.

DE, Fig. 4. sei ein anderes gläsernes Gefäß, welches mit Wasser gefüllt ist. Auf diesem Wasser schwimme ein kleines Stück Kork F. Nun kehre man das mit dem Hahn C versehene Gefäß AB um, so daß die Mündung A über den Kork F kommt, und drücke es in den Behälter DE hinein. Gestattete die Luft in AB einem andern Körper den Eintritt in den Raum, in welchem sie sich befindet, so würde das Wasser darin emporsteigen. Doch das ist nicht der Fall, wie der Kork in Fig. 5. zeigt. Daß die Ursache davon die in dem Gefäße eingeschlossene Luft sei, zeigt sich, wenn man den Hahn C öffnet. Nach dem angenommenen Grundsatze der Hydrostatik übt die Oberfläche des Wassers innerhalb des Gefäßes AB einen Druck nach oben, im Verhältniß zu der Tiefe der Oberfläche des äußern Wassers. Dieser auf die in dem Gefäße AB eingeschlossene Luft wirkende Druck treibt dieselbe in dem Moment heraus, in welchem der Hahn C geöffnet wird, und sogleich steigt die Oberfläche des Wassers innerhalb AB zu dem Niveau der äußern.

Die Oberfläche des Wassers innerhalb AB bleibt nahe an dem Rande des Gefäßes. Sie würde genau an dem Rande bleiben, wäre die Luft incompressibel; doch dieses Fluidum ist im Gegentheil, wie man weiß, sehr compressibel, obgleich man Compressibilität und Durchdringlichkeit nicht verwechseln darf. Aber so wenig beide Eigenschaften identisch sind, so ersetzt die eine doch die fehlende andere. Ein Körper ist compressibel, wenn das gewaltsame Eindringen eines andern seine Theile zum Nachgeben zwingt, so daß der Raum, welchen sie einnehmen, kleiner wird. Das ist zugleich ein sicherer Beweis seiner Undurchdringlichkeit. Wäre er durchdringlich, so würde der Körper in den Raum, in welchen jener eingeschlossen ist, eintreten, ohne die Theile desselben zu verdrängen, oder sonst ihre Ordnung zu stören.

Drittes Capitel.

Elasticität der Luft.

Gleichheit der elastischen und comprimirenden Kräfte. — Begrenzte Höhe der Atmosphäre. — Verhältniß der Elasticität zu der Dichtigkeit. — Experimente. — Innerer und äußerer Druck auf verschlossene, mit Luft gefüllte Gefäße.

§. 131.

Die Elasticität und Compressibilität der Luft sind bereits erwähnt. Im vorliegenden Capitel werden wir diese Eigenschaften noch mehr erläutern.

Schon bei oberflächlichem Nachdenken ist offenbar, daß die Elasticität der Luft der Kraft gleich sein muß, welche erforderlich ist, sie in dem von ihr eingenommenen Raume zu begrenzen. **AB** Fig. 6., sei ein Cylinder mit einem Stöpsel **P**, welcher luftdicht schließt, und von keiner äußern Kraft eine Einwirkung erleidet. Wird der Cylinder unterhalb **P** mit Luft gefüllt, so hat diese Luft, vermöge ihrer Elasticität, das Bestreben, sich in einen weitern Raum auszudehnen, und dieses Bestreben zeigt sich durch einen Druck der Luft auf alle Flächen, von denen sie eingeschlossen ist. Der Stöpsel **P** wird also einer Kraft unterworfen sein, welche ihn zu verdrängen und aus dem Cylinder zu treiben trachtet; die Größe derselben ist das Maß der Elasticität der innern Luft. Wirkt nun nicht eine nach innen gerichtete Kraft auf **P**, welche der von dem elastischen Drucke der Luft ausgeübten gleich ist, so kann es seine Lage nicht behaupten. Ist die nach innen wirkende Kraft geringer als die von innen nach außen, so wird **P** herausgetrieben; ist sie größer, so wird **P** sinken und die eingeschlossene Luft noch enger zusammendrücken. **P** kann folglich in keinem Falle seine Stellung behalten, außer wenn der Druck nach innen genau der elastischen Kraft der in dem Cylinder eingeschlossenen Luft gleich ist.

§. 132.

Bei diesen Beobachtungen haben wir ein Princip angenommen, welches in der Pneumatik von der größten Wichtigkeit ist, und in der That als die Basis dieses Theils der Physik angesehen werden kann, auf dieselbe Weise, wie das Vermögen, den Druck fortzupflanzen, das Grundprincip der Hydrostatik ist. Letzteres erstreckt sich auf elastische Fluida; und alle Folgerungen aus der freien Fortpflanzung des Drucks, welche nicht die Incompressibilität voraussetzen lassen, lassen sich eben so wohl auf elastische, wie auf flüssige Fluida anwenden. Doch das Princip, auf welches wir uns hier speciell beziehen, und das als das hauptsächlichste Merkmal dieser Körperform angesehen werden kann, läßt sich folgendermaßen aussprechen: —

»Die elastische Kraft eines gegebenen Lufttheils wird in derselben Proportion vermehrt, als der ihn einschließende Raum enger wird; während seine elastische Kraft genau in demselben Maße abnimmt, als der ihn einschließende Raum erweitert wird.«

Um dies zu erklären, sei **ABCD**, Fig. 7. ein Cylinder, in welcher ein Stempel **AB** sich luftdicht und ohne Friction bewegt. Die Entfernung der untern Fläche **AB** des Stempels vom Boden **DC** betrage 12 Zoll. Unter dem Stempel befinde sich Luft, deren elastische Kraft so beschaffen sei, daß sie den Stempel mit einer Kraft von 16 Unzen drücke. Aus §. 131. wird klar, daß,

um den Stempel in seiner Lage zu erhalten, es nöthig sei, daß derselbe durch ein gleiches Gewicht von 16 Unzen niedergedrückt werde. Nun beschwere man den Stempel mit 32 Unzen. Da der Druck nach innen über die Elasticität vorherrscht, so wird der Stempel sogleich nach D C zu sinken, doch auf irgend einem Punkte A D, Fig. 8. stillstehen. Wird diese Entfernung A D gemessen, so findet sich, daß sie genau 6 Zoll beträgt. Die Dimensionen der Luft sind also um die Hälfte vermindert.

Da nun der Stempel in der Fig. 8. gegebenen Stellung festgehalten wird, so folgt, daß die Elasticität der Luft unter demselben gleich ist dem Gewicht des Stempels A B; und daraus, daß die in dem Cylinder eingeschlossene Luft ihre ursprüngliche Elasticität verdoppelt, wenn sie zur Hälfte ihres ursprünglichen Umfangs zusammengedrückt wird.

Beschwert man den Stempel nun um das Dreifache seines ursprünglichen Gewichts oder 48 Unzen, so sinkt er so tief in den Cylinder, daß seine Entfernung vom Boden auf 4 Zoll reducirt wird. Dort wird er halten, da die Luft ihm das Gegengewicht hält; diese Luft ist nun in ein Drittheil ihres ursprünglichen Umfangs zusammengedrückt, und besitzt drei Mal ihre ursprüngliche elastische Kraft. Der oben ausgesprochene Grundsatz hat also vollkommen seine Richtigkeit.

Nehmen wir wieder an, der Stempel sei mit 16 Unzen beschwert, und werde, wie in Fig. 7., durch den Widerstand der Luft 12 Zoll vom Boden festgehalten; zugleich aber, der Cylinder werde nach oben hin bis über 24 Zoll fortgesetzt, und das Gewicht des Stempels auf 8 Unzen reducirt. Da die Elasticität der Luft unter dem Stempel fähig war, 16 Unzen zu tragen, so wird sie nun gegen das verminderte Gewicht von 8 Unzen vorherrschend sein. Der Stempel steigt in dem Cylinder, bis die Elasticität der Luft durch Ausdehnung so vermindert wird, daß sie nicht mehr zu tragen fähig ist, als 8 Unzen; dann bleibt der Stempel im Gleichgewicht. Wird die Höhe des Stempels über dem Boden nun gemessen, so findet sich, daß sie 24 Unzen, folglich noch einmal so viel, als vorhin beträgt; die Luft hat also ihre Dimensionen um das Doppelte ausgedehnt, und ist auf die Hälfte ihrer Elasticität reducirt. Und so ferner.

§. 133.

Vorstehende Erläuterung wurde mehr in Rücksicht darauf gewählt, die Eigenthümlichkeit selbst deutlich zu machen, denn als ein praktischer Beweis derselben. Der Gebrauch beweglicher Stempel in Cylindern ist in solchen Fällen mit vielen Inconvenienzen verknüpft, die aus der Friction u. s. w. entstehen. Es

giebt aber noch eine andere Beweismethode, welche eben so direct und genügender ist.

A B C D, Fig. 9., sei eine an dem einen Ende B C gekrümmte Glasröhre, an dessen kurzem Arm C D sich ein Hahn befindet; der Arm B A sei mehr als 60 Zoll lang. Man öffne den Hahn D, so daß eine freie Luftcommunication stattfindet, und da die Mündung A des längern Arms ebenfalls offen ist, so lasse man so viel Quecksilber in die Röhre fließen, als den gekrümmten Theil B C füllt und noch etwas in jedem Arme emporsteht. Nach den Grundsätzen der Hydrostatik stehen die Oberflächen E und F des Quecksilbers in demselben Niveau. Schließt man nun den Hahn D, so bleiben die Niveaux E und F noch immer ungestört. Als der Hahn D geöffnet war, erlitt die Fläche F einen Druck gleich dem Gewicht einer Luftsäule von F aufwärts so hoch, als die Atmosphäre reicht. Mit dem Schließen des Hahns D wurde die Wirkung des Gewichts aller Luft über diesem Punkte abgeschnitten; folglich kann die Fläche F keinen von einem Gewicht entspringenden Druck erleiden, ausgenommen den unbedeutenden Betrag des Gewichts der kleinen Quantität Luft, welche zwischen F und D eingeschlossen ist. Aber die so eingeschlossene Luft drückt auf die Oberfläche F durch ihre Elasticität, und der Betrag dieses Drucks ist gleich der Kraft, welche die Luft in den Raum F D einschloß, ehe der Hahn geschlossen war (§. 131.); diese Kraft aber war das Gewicht der Luftsäule über D. Und daraus erhellt, daß die elastische Kraft der in dem Raume D F enthaltenen Luft gleich ist dem Druck der Atmosphäre.

Da das Ende A der Röhre offen ist, so ist nun die andere Fläche E dem Druck der Atmosphäre ausgesetzt. So ist jede der beiden Oberflächen F und E des Quecksilbers einem Drucke ausgesetzt, der aus einer verschiedenen Beschaffenheit der Atmosphäre entspringt; die eine F, erleidet denselben durch die Elasticität, die andere E, durch das Gewicht der Atmosphäre. Da beide gleich sind, so bleiben die Flächen F und E in demselben Niveau.

Nehmen wir den Betrag dieses Druckes für jetzt als bekannt an. Der auf die Fläche E wirkende atmosphärische Druck sei derselbe, als ihn eine auf E ruhende Quecksilbersäule von 30 Zoll Höhe erzeugen würde: die Kraft, mit welcher die Elasticität der in D F eingeschlossenen Luft auf die Oberfläche F wirkt, ist daher gleich einer Quecksilbersäule von 30 Zoll Höhe. Der auf die Fläche E wirkende Druck der Atmosphäre wird durch das Quecksilber nach der Fläche F fortgepflanzt, und hält der eben erwähnten elastischen Kraft das Gleichgewicht.

Man bezeichne den Standpunkt der Fläche F auf der Röhre, und gieße bei A Quecksilber in den längern Arm. Der dadurch vermehrte Druck wird nach der Fläche F fortgepflanzt und erlangt über die Elasticität der eingeschlossenen Luft das Uebergewicht; diese Fläche steigt folglich nach D zu, indem sie die Luft in einen kleinern Raum zusammendrängt. Nun fahre man fort, Quecksilber in A zu gießen, bis die Fläche F zu F′ steigt, der Mitte zwischen F und D. Die eingeschlossene Luft wird so zur Hälfte ihrer frühern Dimensionen zusammengedrängt; ihre elastische Kraft ist gleich dem Gewicht der Quecksilbersäule in dem Arme BA, über dem Niveau von F′, sammt dem Gewicht der Atmosphäre, welche oben bei G auf die Säule drückt. Die Kraft, mit welcher F′ nach oben gedrückt wird, ist folglich gleich dem doppelten atmosphärischen Druck, oder der doppelten Kraft, mit welcher F, Fig. 9., nach oben gedrückt wurde. Daraus erhellt, daß die Elasticität der in DF′, Fig. 10., eingeschlossenen Luft doppelt so groß ist, als da sie noch den Raum DF Fig. 9., füllte. Wiederum ein Beweis des oben ausgesprochenen Grundsatzes.

§. 134.

Daß die Elasticität der uns umgebenden Luft gleich sei dem Gewicht der auf uns liegenden Atmosphäre, ist durch vorstehendes Experiment zugleich mit bewiesen worden. Und wirklich ist dieses eine Proposition, deren Wahrheit sich schon bei dem flüchtigsten Nachdenken ergiebt, und sich täglich im gewöhnlichen Leben erweist. Betrüge die elastische Kraft der Luft um uns her weniger als das Gewicht der auf uns liegenden Atmosphäre, so würde sie jenes Gewicht überwältigen und die Atmosphäre nach oben drängen, bis durch das Ausdehnen ihre Elasticität so reducirt wäre, daß sie dem Gewicht der Atmosphäre gleichkäme; und das geschieht fortwährend. Die Atmosphäre ist, wie nachher bewiesen werden wird, einem beständigen Schwanken des Gewichts unterworfen. Eben so die Lage derselben, welche sich neben und um uns befindet. Dieser Wechsel erzeugt die Nothwendigkeit des Ausdehnens und Zusammenziehens, eben weil das Gewicht der aufliegenden Atmosphäre unverändert bleibt; doch die völlige Entwickelung dieser letztern Betrachtung gehört mehr in die Theorie der Wärme, als zu unserm gegenwärtigen Zwecke.

§. 135.

Ein offenes Gefäß, welches man gewöhnlich leer nennt, ist stets mit Luft gefüllt; und wird irgend ein fester Körper oder eine Flüssigkeit hineingethan, so wird so viel Luft hinausgetrieben als jene Raum einnehmen. Wird solch ein Gefäß durch einen Stöpsel verschlossen, so wirkt der Druck der äußern Atmosphäre auf jeden Theil der äußern Oberfläche, wogegen die in dem Ge=

fäße eingeschlossene Luft auf die innern Flächen wirkt. Dem bereits Erklärten zufolge ist die Elasticität der letztern gleich dem Druck der erstern; folglich existirt hier eine, die Seiten des Gefäßes nach außen zu drängen strebende Kraft, welche genau der auf die äußere Fläche wirkenden und diese nach innen drängenden Kraft gleich ist. Diese beiden Kräfte neutralisiren einander, und das Gefäß befindet sich genau in dem Falle, als ob keine von beiden darauf einwirkte.

Wenn die Wirkung und die Eigenthümlichkeiten einiger pneumatischen Instrumente erläutert sein werden, haben wir Gelegenheit, auf noch manche andere Wirkungen der Elasticität der Luft aufmerksam zu machen.

Viertes Capitel.

Schwere der Luft.

Gebrauch bei den Alten. — Kein Vacuum. — Saugen. — Galilä'i's Erfindungen. — Torricelli entdeckt den atmosphärischen Druck. — Barometer. — Pascal's Experiment. — Erfordernisse eines guten Barometers. — Mittel zu ihrer Sicherung. — Diagonal-Barometer. — Veränderung des atmosphärischen Drucks. — Rad-Barometer. — Vernier. — Gebrauch des Barometers. — Wetterglas. — Höhenmessung. — Druck auf Körper. — Warum derselbe nicht merkbar ist. — Gewöhnliche Bälge. — Schmiedebälge. — Theetopf. — Kessel. — Tinteflaschen. — Pneumatischer Trog. — Das Glucken beim Weinausschenken.

§. 136.

Die alten Philosophen beobachteten, daß in den Fällen, welche zu ihrer Kenntniß gelangten, der Raum stets mit einer materiellen Substanz gefüllt sei. In dem Augenblick, wo ein fester Körper oder eine Flüssigkeit entfernt wurde, strömte die Luft in den verlassenen Raum hinein; daraus entlehnten sie das physikalische Dogma, daß die Natur jedes Vacuum verabscheut.

Wahrscheinlich war einer der ersten Wege, auf welchem man den Druck der atmosphärischen Luft erkannte, das Saugen mit dem Munde. Taucht man das eine Ende einer Röhre in eine Flüssigkeit, und hält das andere zwischen die Lippen, so zieht man durch Saugen die Luft aus der Röhre. Sogleich füllt Wasser die Röhre. Dieses Phänomen gebrauchte man als Beweis, daß die Natur keinen leeren Raum dulde.

Das Saugen mit dem Munde leitet auf das Saugen durch künstliche Mittel. Ist ein Cylinder an beiden Enden offen, so bewege man einen wasserdichten Stempel darin, bis nach unten und tauche das untere Ende in Wasser; zieht man den Stempel nun in die Höhe, so würde zwischen ihm und dem Wasser ein leerer Raum entstehen. Aber »die Natur gestattet kein Vacuum, sagten die Alten, und deßhalb drängt das Wasser nach.« Auf dieses poetische Raisonnement wurden Pumpen verschiedener Art gebaut.

Einige Schriftsteller versichern, auf welche Autorität ist uns unbekannt, daß Galilái, als er hinsichtlich der beschränkten Erhebung des Wassers in einer gewöhnlichen Pumpe befragt wurde, die eigentliche Ursach dieser Wirkung entdeckte; weil er aber den Gegenstand noch nicht durchaus erforscht hatte, so entzog er sich den Fragen der Ingenieurs, um seine Kenntniß des Princips zu verbergen, bis seine Forschung ihn zu einem genügendern Resultate geführt habe. Indeß scheint es nicht, als ob er die Lösung des Problems veröffentlicht habe. Nach seinem Tode richtete sein Mündel Torricelli seine Aufmerksamkeit auf dasselbe Problem. Er schloß, daß, welche auch die Ursache sei, die eine Wassersäule in einer gewöhnlichen Pumpe hielte, das Maß und die Energie dieser Kraft der Schwere der Wassersäule gleich sein müsse, und so fort.

Zu seinem Experiment nahm er Quecksilber, die schwerste bekannte Flüssigkeit. Da Quecksilber etwa 13½ Mal so schwer ist, als Wasser, so folgt, daß die Höhe einer Säule dieser Flüssigkeit, welche von einem Vacuum gehalten werden soll, dreizehn Mal kleiner ist, als die Höhe einer so gehaltenen Wassersäule. Daraus berechnete er, daß die Höhe der Quecksilbersäule etwa 28 Zoll betragen würde. Er nahm eine mehr als 30 Zoll lange Glasröhre **AB** (Fig. 11.), welche an dem einen Ende **A** offen, an dem andern **B**, verschlossen war. Diese stellte er aufrecht, mit dem offenen Ende nach oben, füllte sie mit Quecksilber, und indem er den Finger auf **A** hielt, so daß nichts herausfließen konnte, kehrte er die Röhre um, und steckte das Ende **A** in den Quecksilber enthaltenden Behälter **CD** (Fig. 12.). Als er nun den Finger wegnahm, kam das Quecksilber in dem Behälter mit dem in der Röhre in unmittelbare Berührung. Sogleich sah man das Quecksilber von der Spitze der Röhre sinken, und seine Oberfläche bis **E**, etwa 28 Zoll über dem Quecksilber in dem Behälter, fallen. Dieses Resultat hatte Torricelli anticipirt, und zeigte deutlich das Absurde der Voraussetzung, daß der Abscheu der Natur vor einem Vacuum sich bis zu der Höhe von 32 Zoll erstrecke. Torricelli erkannte bald die eigentliche Ursache

dieses Phänomens. Der auf die Fläche **F** wirkende atmosphärische Druck trug die Höhe der Säule **EF**, während die Fläche **E** durch das geschlossene Ende **B** der Röhre vor diesem Drucke geschützt war.

Dieses Experiment und seine Erklärung wurde bald den Philosophen in allen Theilen Europa's bekannt, und zog bald die Aufmerksamkeit des berühmten Pascal auf sich. Um die Erklärung Galiläi's der strengsten Prüfung zu unterwerfen, schlug er vor, eine derartige Röhre hoch auf ein Gebirge zu tragen, und schloß, daß, wenn die Ursach, welche die Säule in der Röhre hielt, das Gewicht der Atmosphäre sei, man erwarten müsse, in der Höhe müsse der Druck der Atmosphäre geringer sein, das Quecksilber in der Röhre folglich tiefer sinken. Dies geschah auf einem Berge, Puys de Dome genannt, in der Nähe von Auvergne, und nachher auf einem hohen Thurme in Paris. Wirklich zeigte sich, daß die Säule immer tiefer sank.

§. 137.

Der eben beschriebene Apparat ist eigentlich das gewöhnliche Barometer. Die Weite der Röhre thut nichts zur Sache, wie wir gesehen haben. — Damit indeß solch ein Apparat jeden Wechsel in dem Druck der Atmosphäre genau anzeige, muß man auf manche Umstände achten, welche wir in dem nächsten Capitel erklären werden, so fern dieselben nothwendig sind, den Hauptgrundsatz und Gebrauch des Barometers deutlich zu machen.

Zuerst muß man die Mittel haben, genau die Höhe der Säule **EF**, Fig. 12., zu messen; eine mit Graden versehene Scala an der Röhre reicht hin, wenn die Fläche **F** feststände und die Röhre **BA** ihre Stellung behielte. Doch während die Fläche **E** nach **B** zu steigt, sinkt **F**. Eine mit Graden versehene Scala würde dann nur die Veränderung in der Stellung der Fläche **E** anzeigen, nicht aber die der Länge der Säule **EF**. Es giebt verschiedene Mittel, diesem Mangel abzuhelfen.

Fordert man von dem Instrumente nicht gar zu genaue Angaben, so ist eine Röhre hinreichend, welche im Vergleich mit dem Behälter klein ist. In diesem Falle bringt eine kleine Veränderung an der Höhe der Säule auf die ganze Masse in dem Behälter nur eine sehr unbeträchtliche Aenderung hervor, wirkt daher auch auf die Stellung der Fläche **F** nur sehr unbedeutend ein. Dennoch sind die gewöhnlichen Barometer alle auf diese Weise eingerichtet. — Doch ist es nicht schwierig, auf einer Röhre eine Scala einzurichten, welche genau die jedesmalige Veränderung an der Länge der Säule vermittelst des Wechsels in dem Niveau der Fläche **E** angiebt. Angenommen, der Behälter **CD** habe einen horizontalen Boden und perpendiculaire Seiten, und

die Größe des Bodens steht in einem gewissen bekannten Verhältniß zu der Weite der Röhre, z. B. 1 : 100. Nimmt der Druck der Atmosphäre so zu, daß er die Säule um 1 Zoll in die Höhe treibt, so geht so viel Quecksilber, als 1 Zoll in der Röhre fällt, aus dem Behälter mit. Da aber die Basis des Behälters 100 Mal größer ist, als die Weite der Röhre, so ergiebt sich, daß dieser Zoll Quecksilber in der Röhre nur den hundertsten Theil eines Zolles Tiefe in dem Behälter fallen läßt; folglich verursacht das Steigen eines Zolles in der Röhre das Fallen des hundertsten Theils eines Zolles in dem Behälter. Daraus läßt sich der Schluß ziehen, daß, welche Veränderung auch mit der Fläche E vorgehen möge, die für die Höhe der Säule daraus hervorgehenden 99 Mal größer ist. Theilt man die Röhre also genau ein, so kann man eine wichtige Berechnung anstellen.

In Fig. 13. ist das Barometer mit einer Scala versehen, dargestellt. Die Glasröhre ist von einer kupfernen umgeben, in welcher sich bei DE eine Oeffnung von solcher Länge und solcher Höhe über dem Behälter befindet, daß sie den ganzen Raum umfaßt, in welchem das Quecksilber gewöhnlich sich bewegt. Bei uns fällt das Quecksilber nie unter 28 Zoll und steigt nie über 31 Zoll; folglich ist ein etwas größerer Raum für die Oeffnung schon hinreichend. Die Röhre steht fortwährend mit dem Behälter AB in Verbindung, und dicht an der Oeffnung DE ist auf der kupfernen Röhre eine Scala eingravirt, um die Höhe des Quecksilbers in der Röhre anzuzeigen.

Es giebt noch eine andere Methode, die Schwierigkeit zu vermeiden, welche aus der Veränderung in dem Niveau der Oberfläche des Quecksilbers in dem Behälter entspringt, und an dem Barometer (Fig. 13.) dargestellt ist. Innerhalb desselben bewegt sich der Boden des Behälters auf die Weise, daß er das Quecksilber am Ausfließen hindert, und bei V ist eine Schraube eingefügt, durch deren Drehen der Boden des Cylinders leise gehoben oder gesenkt wird. Oben an dem Cylinder befindet sich ein elfenbeinerner Index, der sich nach unten kehrt und in eine feine Spitze ausläuft, so daß er ein festes Niveau anzeigt. Wird mit dem Barometer eine Beobachtung gemacht, so dreht man die Schraube V, bis die Oberfläche genau unter dem Punkte des Index steht.

Ueber dem Quecksilber darf sich keine Luft in der Röhre befinden. Um daher das Quecksilber von Luft und Feuchtigkeit zu reinigen, erhitzt man es, wo alles Feuchte sich dann in Dämpfe auflöst. — Oft auch hängen kleine Luftbläschen der Röhre an, die beim Einschütten des Quecksilbers sich nach der Spitze begeben. Dies vermindert man, wenn man die Röhre vorher erhitzt.

Die Lufttheilchen, welche der innern Fläche anhängen, werden so durch die Hitze ausgedehnt, durch ihre elastische Kraft fortgetrieben, und lösen sich zum Theil in Dämpfe auf.

Nach dieser Vorsichtsmaßregel wird die in der Röhre enthaltene Quecksilbersäule durch ihr Gewicht genau den wahren Betrag des atmosphärischen Drucks angeben. Um aber das Resultat eines Barometers mit dem eines andern zu vergleichen, daß das Gewicht des Quecksilbers in beiden Fällen das nämliche ist, muß das Quecksilber rein und unvermischt sein. Denn auch in fester Form können sich Unreinigkeiten darin finden. Um diese zu entfernen, braucht man das Quecksilber nur in einen kleinen gemsledernen Beutel zu thun; drückt man diesen zusammen, so dringt das Quecksilber durch seine Poren, während alle soliden Unreinigkeiten in demselben zurückbleiben. Dadurch gelangt man schon einen Schritt weiter; doch giebt es noch einen andern Uebelstand zu beseitigen. Wird ein Barometer in Paris, ein anderes in London gebraucht, zu einer Zeit, wo der Druck der Atmosphäre in beiden Orten derselbe, doch die Temperatur der Luft in Paris höher ist, als in London, so wird auch das Quecksilber in dem einen Barometer eine höhere Temperatur haben, als in dem andern. Nun ist bekannt, daß, wenn Quecksilber oder ein anderer Körper erhitzt werden, seine Dimensionen zunehmen. Folglich wird von zwei an Gewicht gleichen Säulen die, welche die höchste Temperatur hat, höher stehen. Um diese Quelle des Irrthums zu beseitigen, ist es bei barometrischen Beobachtungen erforderlich, die gleichzeitigen Ergebnisse des Thermometers zu bemerken. Es giebt Tabellen, auf welchen der aus gegebenen Veränderungen der Temperatur entspringende Höhenwechsel berechnet ist. Dieser Accuratesse indeß bedarf man nur, wenn man Beobachtungen zu philosophischen Zwecken anstellt.

§. 138.

Eine der bei barometrischen Beobachtungen stattfindenden Schwierigkeiten entspringt aus den sehr geringfügigen Veränderungen der Höhe der Säule durch einen leichten Wechsel des atmosphärischen Drucks. Der ganze Spielraum der obern Fläche der Säule beträgt höchstens 3 bis 4 Zoll; und da Quecksilber ein sehr schweres Fluidum ist, so ist eine Veränderung des Drucks der Atmosphäre oft kaum zu bemerken. Leicht kommt man auf den Gedanken, um diesem Uebelstande abzuhelfen, eine leichtere Flüssigkeit zu nehmen; doch läßt sich zu viel dagegen einwenden. Leichtere Fluida sind für Verdunstung empfänglicher; diese Dünste steigen in die Spitze der Röhre, drücken durch ihre elastische Kraft auf die Oberfläche, und halten so dem Drucke der Atmosphäre, gemeinschaftlich mit dem Quecksilber, das Gegenge-

wicht. Sogar vom Quecksilber steigen Dünste in den obern Theil der Röhre; doch sind dieselben zu unbedeutend, als daß sie von merklichem Einfluß wären.

§. 139.

Oft nimmt man eine Form, Diagonal-Barometer genannt. Diese ist Fig. 14. dargestellt, wo ABC die barometrische Röhre bezeichnen. C ist ein Punkt in einer Entfernung über der Oberfläche des Quecksilbers in dem Cylinder, deren Höhe weniger als 28 Zoll beträgt. Der Raum CD ist der Raum, welchen das Quecksilber einnehmen würde, wäre die Röhre senkrecht. Aber bei C ist die Röhre schräg in der Richtung CB gebogen, und lang genug, daß das Ende B so hoch stehe als D. Das Quecksilber, welches, stände die Röhre senkrecht, sich in CD befinden würde, dehnt sich nun in dem größern Raume CB aus. Mißt folglich CD 4 Zoll und CB 12 Zoll, so wird jeder Wechsel in der Stellung der Oberfläche des Quecksilbers in dem Diagonal-Barometer drei Mal so groß sein, als in einem senkrechten.

§. 140.

Eine gebräuchlichere und für häusliche Zwecke passendere Erfindung zur Erweiterung der Scala ist in Fig. 15. dargestellt. Dies ist das Rad-Barometer. Die Röhre ist hier an dem untern Ende B nach C hin gebogen. Der atmosphärische Druck wirkt auf die Fläche F, und trägt eine Quecksilbersäule in der Röhre BA, welche über dem Niveau von F steht. Wenn nun die Fläche F fällt, muß die Oberfläche E durch denselben Raum steigen, und umgekehrt. — Auf der Oberfläche bei F schwimmt eine kleine eiserne Kugel, welche an einer Schnur hängt, die bei P über ein kleines Rad gelegt ist und bei W ein Gegengewicht hat, welches indeß leichter ist, als die Kugel. Steigt nun die Oberfläche F, so steigt die Kugel mit, und umgekehrt. Die dadurch bewegte Schnur setzt alsdann auch das Rad in Bewegung. Im Centrum dieses Rades P ist ein Index H angebracht, welcher gleich einem Uhrzeiger, sich über eine runde, mit Graden versehene Platte bewegt. Beträgt der Umfang des Rades 2 Zoll, so steht eine völlige Umdrehung desselben mit einer Aenderung von 2 Zoll an der Oberfläche F im Verhältniß, folglich zu einer Aenderung von 4 Zoll in der Barometerröhre. Bei einer Umdrehung des Rades jedoch durchläuft der Zeiger den ganzen Kreis; also entspricht der Umfang des Kreises einer Aenderung von 4 Zollen in der Barometersäule. Mißt nun der Umfang 40 Zoll, so entsprechen 10 Zoll desselben 1 Zoll der Säule, folglich 1 Zoll desselben dem 10ten Theile eines Zolls der Säule. Aendert sich daher die Höhe der Säule um $\frac{1}{10}$ Zoll, so geht der Zeiger

über einen Zoll der Platte. Weitere Eintheilungen erfordern noch größere Sorgfalt.

Aus dieser Form des Barometers erhellt, daß das Uebergewicht der eisernen Kugel dem atmosphärischen Drucke behülflich ist. Diese Ursach des Irrthums indeß kann man nun endlich vermindern, wenn man die Kugel nur eben so schwer nimmt, daß ihr Gewicht die Friction des Rades **P** übersteigt.

§. 141.

Zu wissenschaftlichen Zwecken ist die senkrechte Form des Barometers jeder andern vorzuziehen. In dem schrägen Barometer unterliegt das Ende der Quecksilbersäule einer gewissen Unbestimmtheit, welche daraus entsteht, daß das Niveau des Quecksilbers nicht senkrecht mit der Richtung der Röhre steht. Bei dem Rad-Barometer können verschiedene Irrungen geschehen, obgleich dieselben zwar so geringfügig sind, daß sie bei dem gewöhnlichen Gebrauch nicht in Betracht kommen, jedoch das Instrument für wissenschaftliche Zwecke untauglich machen. An dem senkrechten Barometer befindet sich gewöhnlich ein sogenannter Vernier, eine Erfindung, um ganz kleine Veränderungen zu bezeichnen. Er bestehe aus einer kleinen, mit Graden versehenen Platte, welche durch eine Schraube oder dergleichen an der Barometerröhre auf und nieder bewegt werden kann. Vermittelst dieser Hülfsscala sind wir im Stande, Größen an der Hauptscala abzuschätzen, die bis in die kleinsten Brüche verfolgt werden können.

Das Princip, worauf der Vernier beruht, ist leicht zu erklären. **BA**, Fig. 16. sei die 3 Zoll lange und in Zehntel Zolle getheilte Barometerscala; **CD** die bewegliche Scala des Vernier, elf Theilen eines Zolls der ersten Scala gleich und ebenfalls in 10 Theile getheilt.

So wird also jede Abtheilung des Vernier der zehnte Theil von elf Theilen des Instruments sein, d. h. $\frac{1}{10}$ von $\frac{11}{10}$ eines Zolls; doch $\frac{11}{10}$ eines Zolls sind gleich $\frac{110}{100}$ und der zehnte Theil davon ist $\frac{11}{100}$. Daraus erhellt, daß in diesem Falle ein Theil des Vernier $\frac{11}{100}$ eines Zolls sind. Da nun 1 Abtheilung auf dem Instrumente $\frac{1}{10}$ Zoll oder $\frac{10}{100}$ Zoll ist, so leuchtet ein, daß 1 Abtheilung des Vernier eine Abtheilung auf dem Instrumente um $\frac{1}{100}$ Zoll übertrifft; denn ziehen wir $\frac{10}{100}$ von $\frac{11}{100}$ ab, so bleibt $\frac{1}{100}$.

Nehmen wir an, der Vernier sei so gestellt, daß seine niedrigste, mit 10 bezeichnete Abtheilung mit der untersten, mit 28 bezeichneten, Abtheilung auf dem Instrumente zusammenfalle, so wird die erste, mit 0 bezeichnete Abtheilung des Vernier mit der Abtheilung auf dem Instrumente zusammenfallen, welche zu-

nächst über der 29sten steht. Die mit 1 bezeichnete Abtheilung auf dem Vernier wird dann etwas unter der mit 29 bezeichneten auf der Scala stehen, und die Entfernung beider, wie bereits gesagt ist, $\frac{1}{100}$ Zoll betragen. Die mit 2 bezeichnete Abtheilung des Vernier steht etwas unter der mit 9 bezeichneten der Scala, und die Entfernuug unter derselben beträgt $\frac{2}{100}$ Zoll, weil zwei Abtheilungen des Vernier zwei der Scala um so viel übersteigen; und so fort.

Nehmen wir an, das Quecksilber stehe etwas höher als $29\frac{5}{10}$ Zoll, doch noch unter $29\frac{6}{10}$ Zoll. Hat man das Niveau durch die punktirte Linie M, Fig. 17., bezeichnet, so bewege man den Vernier an der Scala herauf, bis seine höchste Abtheilung 0 genau mit dem Niveau des Quecksilbers zusammenfällt. Vergleicht man nun die verschiedenen Divisionen des Verniers mit denen des Instruments, so fällt, wie wir einmal annehmen wollen, 4 auf dem Vernier mit 1 auf dem Instrumente zusammen. Dann ist die Distanz von dem Niveau M des Quecksilbers bis zur nächsten Abtheilung unter derselben, die mit 5 bezeichnet ist, $= \frac{4}{100}$ Zoll; denn die Entfernung der mit 3 bezeichneten Abtheilung des Verniers von der darüber liegenden, mit 2 bezeichneten Abtheilung des Instruments beträgt $\frac{1}{100}$ Zoll, weil dieses der Unterschied zwischen einer Abtheilung des Verniers und des Instruments ist. Im Allgemeinen muß man beobachten, welche Abtheilung des Verniers am meisten mit einer Abtheilung des Instruments zusammenfällt, und die Zahl, welche diese Abtheilung auf dem Vernier bezeichnet, drückt die Zahl der Hunderttheile eines Zolls hinsichtlich der Entfernung des Quecksilber-Niveau von der nächsten Abtheilung des Instruments unter demselben, aus.

§. 142.

Der unmittelbarste Gebrauch des Barometers zu wissenschaftlichen Zwecken besteht darin, den Betrag und die Veränderungen des Drucks der Atmosphäre anzugeben. Diese Veränderungen bilden, mit andern meteorologischen Erscheinungen verglichen, die wissenschaftlichen Data, aus denen die verschiedenen atmosphäiischen Erscheinungen und Wirkungen abgeleitet werden müssen.

Betrachtet man das Schwanken in dem Druck der Atmosphäre, im Zusammenhange mit den Veränderungen des Wetters, so muß man einen allgemeinen Zusammenhang zwischen beiden voraussetzen. Deßhalb nennt man das Barometer auch Wetterglas. Worauf die Bezeichnungen: »Schön«, Veränderlich« ꝛc. beruhen, wissen wir bereits, wie auch, daß die daraus hergeleiteten Wetterprophezeiungen sich kaum über das Sterndeuten und die astrologischen Almanachs erheben.

Ebenfalls wissen wir, welchen Einfluß die Höhe auf den Stand des Barometers hat; und wie unzuverlässig daher die Wetterangabe der Barometer ist, erhellt schon daraus, daß sonst an dem Fuße eines Thurmes, z. B. des Straßburger Münsters, anderes Wetter sein müßte, als oben an seiner Spitze.

Die Veränderungen der Höhe des Barometers an einem gegebenen Orte, sammt dem damit correspondirenden Witterungswechsel sind lange Zeit hindurch regelmäßig beobachtet. Nur durch eine genaue Vergleichung solcher Resultate kann man eine allgemeine Regel auffinden. Doch auch die besten, aus solchen Beobachtungen abgeleiteten Regeln sind fern davon, allgemein oder durchaus zuverlässig zu sein. Man hat beobachtet, daß die Veränderungen des Wetters nicht durch die wirkliche Höhe des Quecksilbers, sondern durch die Veränderung der Höhe desselben angezeigt werden. Eine der allgemeinsten, doch nicht durchaus unveränderlichen Regeln ist die, daß man, wenn das Quecksilber sehr tief steht, also die Atmosphäre sehr leicht ist, starke Winde und Stürme erwarten kann.

Folgende Regeln mögen bis zu einem gewissen Grade, als gültig angenommen werden: —

1) Im Allgemeinen deutet das Steigen des Quecksilbers auf bevorstehendes schönes Wetter hin, während das Fallen desselben schlechtes erwarten läßt.

2) Bei schwülem Wetter deutet das Fallen des Quecksilbers auf Donner; im Winter zeigt das Steigen Frost an; bei Frost das Fallen Thau, das Steigen Schnee.

3) Wenn irgend ein Witterungswechsel schnell auf eine Veränderung im Barometer folgt, so kann man annehmen, daß dieselbe nur kurze Zeit dauern werde.

4) Dauert schönes Wetter auch mehrere Tage fort, während welcher das Quecksilber beständig fällt, so kann man auf lange anhaltendes schlechtes Wetter rechnen, und umgekehrt.

5) Ein Schwanken in dem Stande der Quecksilbersäule deutet auf veränderliches Wetter.

Das gewöhnliche Barometer würde ein weit nützlicheres Instrument werden, wenn, statt der gewöhnlich dabei angebrachten Worte, ihm eine kurze Liste der besten Regeln, z. B. der obigen, beigegeben würde. Dennoch ist auch unter diesen Regeln nicht eine, welche in jedem Falle mit Sicherheit ausreichen würde.

§. 143.

Der wichtigste wissenschaftliche Gebrauch, zu welchem man das Barometer anwendet, ist das Höhenmessen. Wäre die Atmosphäre, gleich einer Flüssigkeit, incompressibel, so würde dieses Problem sehr einfach sein. Der Druck auf das Quecksilber in

dem Behälter würde bei dem Aufsteigen durch gleiche Höhen gleichmäßig vermindert werden. Wäre also der durch ein Heraufsteigen von 10 Fuß erzeugte Druck gleich dem Gewicht eines Zolls Quecksilber, so würde die Säule 1 Zoll fallen, wenn man 10 Fuß in die Höhe stiege ꝛc. Dasselbe würde gelten, wenn 1 Zoll Quecksilber mit irgend einer andern Fußzahl correspondirte.

Indeß beruht dieses auf der Voraussetzung, daß der Barometer beim Hinaufsteigen durch gleiche Höhen auch gleiche Gewichte Luft unter sich zurückläßt. Doch das ist nicht der Fall; die Luft wird nach oben hin immer leichter, so daß bei den zweiten 10 Fuß das Quecksilber nicht den hundertsten Theil eines Zolls fällt, sondern so viel weniger, als die in den zweiten 10 Fuß enthaltene Luft leichter ist, als die in den ersten enthaltene.

Wenn das Einzige, was auf die Dichtigkeit der Luft Einfluß hat, der durch das Gewicht der aufliegenden Atmosphäre erzeugte Druck wäre, so ließe sich leicht eine Regel finden. Solch eine Regel hat man auch wirklich aufgestellt, welche sich mathematisch sehr wohl, nicht aber in populairer, allgemein faßlicher Form ausdrücken läßt. Doch giebt es auch andere Gründe, welche auf das Verhältniß des Drucks zu der Höhe Bezug haben und in Erwägung gezogen werden müssen. Die Dichtigkeit einer Luftschicht wird nicht bloß von dem Gewicht der aufliegenden Atmosphäre, sondern ebenfalls von der Temperatur der Schicht selbst afficirt. Bei erhöhter Temperatur dehnt sie sich aus und erleidet bei geringerer Dichtigkeit denselben Druck, und umgekehrt. Die Temperatur bildet also ein wesentliches Element bei der Höhenberechnung durch das Barometer.

Eine Formel hat man theils theoretisch, theils aus Beobachtungen abgeleitet, durch welche die Veränderung der Höhe von Beobachtungen deducirt wird, die mit dem Barometer und Thermometer angestellt wurden. Um diese Formel zu gebrauchen, muß man wissen, 1) die Breite des Beobachtungsplatzes, 2) die Höhe des Barometers und Thermometers in der untern Stellung, 3) die Höhe beider in der höhern Stellung. Dann calculirt man durch arithmetische Berechnung den Unterschied der Höhen der beiden Stellungen. Die Formel kann ohne mathematische Ausdrücke nicht verdeutlicht werden.

§. 144.

Es ist bereits festgestellt, daß der atmosphärische Druck auf der Oberfläche der Erde im Stande ist, eine Wassersäule 34 Fuß hoch zu halten. Daraus folgt, daß, wenn unsre Atmosphäre in dem Grade verdichtet wäre, daß ihre specifische Schwere der des Wassers gleich käme, ihre Höhe 34 Fuß betragen würde. Nun ist die specifische Schwere einer die Erde berührenden Luftschicht

ungefähr 840 Mal geringer als die des Wassers, d. h. ein Cubikzoll Wasser wiegt 840 Mal mehr als ein Cubikzoll Luft. Besäße die Atmosphäre nun überall dieselbe Dichtigkeit, so müßte sie 840 Mal 34 Fuß hoch sein, welches 28,560 Fuß giebt. Da nun aber schon in einer kleinen Höhe die Dichtigkeit um die Hälfte abnimmt, so muß die ganze Höhe vielmals größer sein, als diese. Das Barometer in dem Ballon, in welchem De Luc aufstieg, fiel zu der Höhe von 12 Zoll. Angenommen, das Barometer habe auf der Erde 30 Zoll hoch gestanden, so folgt, daß er $\frac{3}{5}$ der ganzen Atmosphäre unter sich gelassen haben muß. Er stieg 20,000 Fuß hoch.

§. 145.

Eine 30 Zoll hohe Säule von reinem Quecksilber, deren Basis 1 □Zoll beträgt, wiegt ungefähr 15 Pfund. Daraus folgt, daß, wenn das Barometer auf 30 Zoll steht, die Atmosphäre auf jeden □Zoll der Oberfläche des Quecksilbers in dem Behälter einen Druck von 15 Pfund ausübt. Nun liegt es aber in der Natur der Flüssigkeiten, den Druck nach allen Richtungen gleichmäßig fortzupflanzen. Nimmt man also die mittlere Höhe der Barometersäule zu 30 Zoll an, so folgt, daß dieser Druck sich auf alle auf der Oberfläche der Erde befindliche Körper erstreckt, und daß jeder □Zoll ihrer Oberfläche beständig einen Druck von 15 Pfund erleidet. So wird der Körper eines Menschen, □dessen Oberfläche 2000 Zoll beträgt, durch die ihn umgebende Luft einen Druck von dem ungeheuren Betrage von 30,000 Pfund erleiden.

Bei dem ersten Blicke sollte man erwarten, daß diese große Kraft, welcher alle Körper unterworfen sind, merkliche Wirkungen hervorbringen, z. B. die Körper zusammendrücken müßte, da wir doch die zartesten Gegenstände davon unberührt sehen. Das entspringt zum Theil aus dem Umstande, daß der Druck auf jede Seite und in jeder Richtung gleich ist und deßhalb ein mechanisches Gleichgewicht hervorbringt. Dennoch aber könnte ein solcher Körper ja zusammengedrückt werden. Wir finden jedoch nicht, daß das geschieht. Das kommt daher, weil die elastische Kraft der Luft ihrem Drucke gleich ist; und da das Innere eines Körpers mit Luft gefüllt ist, so hat diese genau dasselbe Bestreben, den Körper aus einander zu halten, als der äußere Druck der Atmosphäre hat, ihn zusammenzupressen.

Auf dieselbe Weise kann man auch das Factum erklären, daß die Thiere sich frei in der Luft bewegen, ohne von dem ungeheuren Drucke, der auf ihnen lastet, afficirt zu werden. Die innern Theile derselben sind mit Fluidis in flüssiger und luftiger Gestalt gefüllt, welche einen Druck von innen nach außen verur-

sachen, der dem äußern Drucke der Luft genau gleich kommt. Den Beweis liefert das Aufsetzen der sogenannten Schröpfköpfe an die fleischigen Theile des Körpers, welche durch den innern Druck in den luftleeren Raum derselben hineingetrieben werden.

§. 146.

Hierher gehören alle Fälle jener Classe von Wirkungen, welche man gewöhnlich mit dem Worte Saugen bezeichnet.

Bringt man ein Stück feuchtes Leder mit einem schweren Körper in genaue Berührung, so hängen beide fest zusammen. Dies kommt daher, weil sich zwischen Leder und Körper keine Luft befindet, der Druck der Atmosphäre also dieselben zusammenpreßt, und zwar mit einer Kraft von 15 Pfund auf jeden QZoll der in Berührung befindlichen Flächen. Ist das Gewicht des Steines kleiner, als die Zahl von Pfunden, welche herauskommen, wenn man die Zahl der QZolle mit 15 multiplicirt, so kann der Stein von dem Leder in die Höhe gezogen werden; ist sein Gewicht dagegen größer, so ist das nicht möglich.

Das Vermögen der Fliegen und anderer Insecten, an Zimmerdecken und nach unten gekehrten Flächen zu gehen, hängt, sagt man, von der Bildung ihrer Füße ab. Dies ist in der Hinsicht wahr, daß die Füße als Sauger dienen, welche die Luft zwischen sich und der von ihnen berührten Fläche wegschaffen, so daß dann der atmosphärische Druck das Thier in seiner Stellung festhält.

Der Druck und die Elasticität der Luft zeigen sich beide beim Athmen. Ziehen wir den Athem ein, so erweitern wir die Brust. Der Druck der äußern Atmosphäre treibt dann die Luft hinein, nicht aber ziehen die Lungen diese an, wie man gewöhnlich glaubt.

Ganz ähnlich ist die Wirkung gewöhnlicher Blasebälge, außer daß die Oeffnung, durch welche die Luft einfährt, von der verschieden ist, durch welche sie ausgetrieben wird. Die Einrichtung eines solchen Blasebalgs ist Jedem bekannt. — Hierher gehört auch das Phänomen beim Abzapfen von Wein oder dergleichen. Ist das Spundloch oben verschlossen, so läuft kein Tropfen aus dem Hahne, während dies unaufhörlich bis zur Leerung des Fasses geschieht, wenn das Spundloch offen ist. Die Ursache ist aus dem Vorhergehenden deutlich. Eben so, wenn der Deckel in einem Theetopfe fest schließt, oder nicht eine kleine Oeffnung hat, wodurch die innere Oberfläche mit der äußern Luft in Berührung treten kann. — Die erwähnte kleine Oeffnung in dem Deckel der Kessel anzubringen, ist sehr räthlich, obgleich aus einem andern Grunde. Ueber dem Feuer dehnt sich die im Kessel enthaltene Luft aus, ihre elastische Kraft wird stärker, und nur

durch eine solche Oeffnung ist ihr der Abzug gestattet, wenn anders der Deckel fest schließt. Doch das kennt Jeder aus eigner Erfahrung.

Tintenfässer, welche so eingerichtet sind, daß sie das Dickwerden und Trocknen der Tinte verhüten, verdanken ihre Wirksamkeit der atmosphärischen Luft. Die Quantität der Verdunstung, welche bei Flüssigkeiten stattfindet, steht im Verhältniß zu der Quantität der Oberfläche, welche der äußern Luft ausgesetzt ist. Um letztere Quantität zu vermindern, ohne zugleich auch die Tinte in der Flasche zu vermindern, hat man Flaschen gemacht, deren Gestalt Fig. 18. zeigt. **AB** ist ein verschlossenes gläsernes Gefäß, von dessen Boden eine kurze Röhre **B** ausgeht, von der wiederum eine kurze Röhre **C** emporsteigt. Die Röhre **C** muß etwa so tief sein, daß man eine Feder eintunken kann. Wird bei **C** Tinte hineingethan, so hält man das Gefäß schräg, bis es bis zum Knopfe **A** gefüllt ist. Giebt man ihr nun die Stellung, welche die Figur zeigt, so ist in **C** Tinte, während die übrige von dem Luftdruck zurückgehalten wird. Ist die Tinte in **C** bis zu dem Niveau der Röhre **B** consumirt, so dringt eine kleine Luftblase durch **B** in die Spitze von **AB**, und treibt durch ihren elastischen Druck die Tinte in **C** etwas höher, was sich so lange wiederholt, bis gar keine Tinte mehr darin ist.

Das einzige Unangenehme dieser Art Flaschen entspringt aus schnellem Temperaturwechsel. Wird die vorher warme äußere Luft plötzlich kalt, so bewirkt die innere Luft, welche nicht so schnell erkaltet, durch ihren elastischen Druck, daß die Tinte etwas überfließt. Doch obgleich wir solche Tintebehälter oft sahen, haben wir diese Wirkung doch nie bemerkt.

Stellt man solch eine Flasche auf einen Marmorkamin, oder einen andern Gegenstand, welcher wärmer wird, als die atmospärische Luft, so wird die Luft im Innern ausgedehnt und die Tinte läuft über.

Auf demselben Princip beruhen die Wasserbehälter für Vögel.

Die in chemischen Laboratorien gebrauchten pneumatischen Tröge, und die Gasbehälter oder Gasometer, hängen von dem atmosphärischen Drucke ab. Ein Gefäß, welches die Mündung oben hat, wird völlig mit einer Flüssigkeit gefüllt. Die Mündung wird dann verschlossen, ein Stück Glas oder Metall dagegen gepreßt, und das Gefäß umgekehrt, indem man die Mündung in einen mit derselben Flüssigkeit gefüllten Behälter steckt. Ist die Höhe des Gefäßes in diesem Falle geringer, als die Höhe der flüssigen Säule, welche der atmosphärische Druck tragen würde, so wird das Gefäß selbst dann noch gefüllt bleiben, wenn

man die Platte weggenommen hat. Das kann Jeder selbst versuchen.

Der pneumatische Trog ist ein weiter, mit Quecksilber gefüllter Behälter, in welchem sich unter der Oberfläche der Flüssigkeit ein Bört zur Aufnahme eines Recipienten befindet. Taucht man ein Gefäß in den tiefern Theil des Troges, so wird es mit Quecksilber gefüllt; zieht man es nun sachte in die Höhe, doch so, daß die Mündung stets unter der Oberfläche der Flüssigkeit bleibt, so wird es durch den Druck der Atmosphäre stets gefüllt bleiben. Nun stelle man die Mündung des Gefäßes auf das Bört, während das Gefäß selbst sich über der Oberfläche des Quecksilbers befindet. Der Trog ist Fig. 19. unter **AB** dargestellt. Das Bört befindet sich bei **C**; der Recipient **R** steht mit der Mündung nach unten auf dem Bört, über einer Oeffnung **D**, welche mit einer Röhre in Verbindung steht, durch welche man Gas hineinleiten kann. Das durch die Röhre gehende Gas steigt in Blasen durch das Quecksilber in dem Behälter, bis in die Spitze dieses letztern, so daß allmählich alles Quecksilber ausgetrieben und das ganze Innere mit Gas gefüllt wird. Auf diese Weise kann man Gase der verschiedensten Art vor der Berührung der Atmosphäre behüten.

Der in Glasfabriken gebräuchliche Gasometer ist nach denselben Principien, nur mit einer verschiedenen Scala, construirt. Wird er bei großen Gasvorräthen gebraucht, wie z. B. zur Erleuchtung von Städten nöthig sind, so werden diese Gefäße sehr groß erbaut und in mit Eisen ausgelegte Höhlen gesteckt.

Das eigenthümliche Geräusch, welches beim Ausschenken von Wein entsteht, wird durch den Druck der Atmosphäre erzeugt, welcher Luft in das Innere der Flasche treibt. Anfangs ist der Hals der Flasche völlig mit Wein gefüllt, so daß keine Luft hindurch kann. Später tritt die Luft hinein, verursacht jenes Geräusch, und das dauert so lange fort, als der Hals noch mit der Flüssigkeit in Berührung kommt. Dann hört das Geräusch auf.

Der auf die Oberfläche von Flüssigkeiten wirkende atmosphärische Druck hält mehr oder weniger Luft damit vereinigt. Wird ein offenes, mit einer Flüssigkeit gefülltes Gefäß unter einen Recipienten gestellt und die Luft ausgeschöpft, so macht sich die mit der Flüssigkeit verbundene Luft davon los, und steigt in Blasen nach der Spitze empor. Bei Wasser, noch mehr bei Bier kann man dies wahrnehmen.

Ist eine Flüssigkeit auf Flaschen gezogen, so ist die unter dem Kork befindliche Luft verdichtet, und übt auf die Oberfläche einen Druck aus, welcher stärker ist, als der auf die Atmosphäre.

Dies bewirkt, daß sich mit der Flüssigkeit Luft combinirt, welche bei dem bloßen atmosphärischen Druck entweichen würde. Steigt nach dem Zukorken Luft aus der Flüssigkeit, so wird dieselbe immer dichter und der Druck auf die Oberfläche stärker.

Ist die Flüssigkeit so beschaffen, daß sie Luft in beträchtlicher Quantität producirt, so wird die Verdichtung endlich so groß, daß der Kork herausgetrieben, oder, geht das nicht, die Flasche gesprengt wird. Bei Bier und Champagner geschieht das sehr häufig. Die Körke werden in solchen Fällen mit Bindfaden oder Draht befestigt.

Wird der Kork von einer so gefüllten Flasche gezogen, so wird die fixe Luft von dem bisherigen Drucke befreit, entweicht, steigt in Blasen auf, und bringt ein Moussiren und Schaum hervor, wie man an Bier, Champagner u. s. w. sehen kann.

Fünftes Capitel.

Verminderung und Verdichtung der Luft.

Luftpumpe. — Unmöglichkeit, ein Vacuum zu erzeugen. — Mechanische Mängel. — Verschiedene Formen der Luftpumpen. — Pumpe ohne Saugwalze. — Experimente mit der Luftpumpe. — Blasen zersprengt durch atmosphärischen Druck und durch Elasticität der Luft. — Getrocknete Früchte mit fixer Luft gefüllt. — Wasser durch elastische Kraft erhoben. — Eine Pumpe kann bei Mangel des atmosphärischen Drucks nicht wirken. — Das Saugen hört auf, wenn dieser Druck nicht mehr stattfindet. — Die Magdeburger Hemisphären. — Experiment mit einem Goldstück und einer Feder. — Sich erhitzende Flüssigkeiten. — Das Moussiren des Champagners. — Luft ist zum Fortpflanzen des Schalls nothwendig. — Die verdichtende Pumpe. — Der Verdichter. —

§. 147.

Wird ein Theil der in einem Gefäße enthaltenen Luft fortgeschafft, so füllt das Zurückbleibende, indem es sich durch seine elastische Kraft ausdehnt, die Dimensionen des Gefäßes eben so wirksam, als vorher. Unter diesen Umständen indeß leuchtet ein, daß ein gegebener Raum innerhalb des Gefäßes eine geringere Quantität Luft enthält, als vorher. Dies nennt man: die Luft wird rarificirt.

Empfängt ein Gefäß dagegen eine größere Quantität Luft, so nennt man das: die Luft wird verdichtet oder condensirt,

und es ist unsre Absicht, hier die mechanischen Instrumente zu beschreiben, durch welche diese Processe der Rarification und Condensation praktisch bewirkt werden.

Die Schöpfpumpe.

§. 148.

Dies ist die einfachste Form eines Instruments zur Rarification. Um die Construction und Wirkung desselben einzusehen, sei AB, Fig. 20. ein mit einem Hahn C, der in eine kleine Oeffnung am Boden gefügt ist, versehener Cylinder. Das Ende dieser Röhre werde auf das Gefäß R geschroben, in welchem die Rarification geschehen soll.

Nahe am Boden gehe aus dem Cylinder eine andere, ebenfalls mit einem Hahn versehene Röhre D. Der Stempel P stehe auf dem Boden des Gefäßes, während beide Hähne geschlossen sind. Dann ziehe man ihn in die Höhe, wie Fig. 21. zeigt; er muß indeß luftdicht schließen. Zwischen dem Stempel P und dem Boden B wird ein Vacuum bleiben. Wird der Hahn C geöffnet, so fährt die in R enthaltene Luft durch denselben und dehnt sich aus, um den Cylinder zu füllen, so daß sie nun, außer R, auch AB füllt. Nun schließe man den Hahn C, öffne dagegen D, und drücke den Stempel P auf den Boden des Cylinders nieder. Die in dem Cylinder enthaltene Luft wird nun durch den offenen Hahn D ausströmen. Alsdann schließe man D wieder, und ziehe den Stempel wieder in die Höhe, wie in Fig. 21., so entsteht in dem Cylinder wiederum ein Vacuum; öffnet man nunmehr auf das Neue den Hahn C, so wird die Luft aus R wiederum in dem Cylinder sich ausdehnen, wie vorher. Dieses Verfahren kann man so lange fortsetzen, als die Luft, welche in R zurückbleibt, sich auszudehnen im Stande ist, und vermittelst ihrer Elasticität durch die offene Röhre C tritt.

Nur eine geringe Aufmerksamkeit ist erforderlich, um zu bemerken, daß die aus R getriebene Quantität Luft jedes Mal vermindert wird; auch ist es nicht schwierig, genau das Verhältniß anzugeben, in welchem sie sich vermindert. Die Größe von AB stehe zu den Dimensionen von R in irgend einem gegebenen Verhältniß. Die Dimensionen des Cylinders seien z. B. der neunte Theil von denen des Gefäßes. Beim ersten Emporziehen des Stempels ist die Luft in beiden gleich vertheilt. Der Cylinder enthält also den zehnten Theil der ganzen Luftmasse. Drückt man den Stempel nieder, so wird dieser zehnte Theil durch D ausgetrieben. Beim zweiten Emporziehen enthält der Cylinder den zehnten Theil von den übrigen $\frac{9}{10}$, d. h. $\frac{9}{100}$ von der ursprünglichen Masse. Beim zweiten Male werden diese $\frac{9}{100}$ ausgetrieben. Die in dem Cylinder zurückgebliebenen $\frac{9}{10}$ haben nun $\frac{9}{100}$ des Ganzen verloren,

und, da $\frac{9}{10} = \frac{90}{100}$, so bleibt, zieht man $\frac{9}{100}$ davon ab, ein Ueberschuß von $\frac{81}{100}$.

Dies ist also die Proportion der anfänglichen Quantität, welche nun in dem Gefäße R zurückbleibt. Es ist nicht schwer, diese Berechnung fortzuführen, und nicht bloß die Quantität der bei jedem Zuge ausgestoßenen, sondern auch die der in dem Gefäße R zurückbleibenden Luft zu berechnen, so daß wir, ohne Schwierigkeit folgende Tabelle aufstellen können: —

Zahl der Züge.	Proportion der ursprünglichen Quantität der bei jedem Zuge ausgetriebenen Luft.	Proportion der ursprünglichen Menge der nach jedem Zuge zurückbleibenden Luft.	Totalmasse der ausgetriebenen Luft.
1	$\frac{1}{10}$	$\frac{9}{10}$	$\frac{1}{10}$
2	$\frac{9}{100}$	$\frac{81}{100}$	$\frac{19}{100}$
3	$\frac{81}{1,000}$	$\frac{729}{1,000}$	$\frac{271}{1,000}$
4	$\frac{729}{10,000}$	$\frac{6,491}{10,000}$	$\frac{3,509}{10,000}$
5	$\frac{6,491}{100,000}$	$\frac{58,419}{100,000}$	$\frac{41,581}{100,000}$
6	$\frac{58,419}{1,000,000}$	$\frac{525,771}{1,000,000}$	$\frac{474,229}{1,000,000}$
7	$\frac{525,771}{10,000,000}$	$\frac{4,731,939}{10,000,000}$	$\frac{5,268,061}{10,000,000}$

Um dies noch deutlicher zu machen, nehmen wir an, R enthalte anfangs 10,000,000 Gran Luft. Der erste Zug des Stempels treibt $\frac{1}{10}$ weg, also 1,000,000 Gran. Es bleiben in R also 9,000,000 Gran. Bei dem zweiten Zuge wird der zehnte Theil davon, d. i. 900,000 Gr., ausgetrieben. Es bleiben also 8,100,000 Gran. Davon wieder der zehnte Theil oder 810,000 Gran, bleiben 7,290,000. Davon wieder der zehnte Theil, also 729,000 Gran, bleiben 6,491,000 Gran, u. s. f. Folgende Tabelle enthält diese Resultate: —

Zahl der Züge.	Bei jedem Zuge ausgetriebene Grane.	Zurückbleibende Grane.	Totalbetrag der ausgetriebenen Grane.
1	1,000,000	9,000,000	1,000,000
2	900,000	8,100,000	1,900,000
3	810,000	7,290,000	2,710,000
4	729,000	6,491,000	3,439,000
5	649,100	5,841,000	4,158,100
6	584,190	5,257,710	4,742,290
7	525,771	4,731,939	5,268,061

Betrachtet man die Zahlen in der dritten Reihe der Tabelle, so findet man, daß jede folgende Zahl $\frac{9}{10}$ der vorhergehenden ausmacht. Daraus folgt, daß nach jedem Zuge die Quantität der in **R** zurückbleibenden Luft $\frac{9}{10}$ von der ausmacht, die vor diesem Zuge darin enthalten war. Daraus leuchtet denn auch ein, daß **R** nie ganz leer von Luft werden kann; denn $\frac{9}{10}$ bleiben immer zurück; und obgleich man in der Theorie dies bis auf die kleinsten Millionmtel berechnen kann, so ist das Residuum doch immer da.

Die Schöpfpumpe, welche im Leben gebraucht wird, weicht von der eben beschriebenen, bei der es vorzüglich auf Erläuterung des Princips ihrer Wirksamkeit abgesehen war, im Einzelnen ab. Statt der mühsamern Hähne **C** und **D** nimmt man selbst bewegliche Klappen. Die Pumpe **AB**, Fig. 22. habe eine Röhre und einen Hahn **C**, welche, wie vorhin, von dem untern Theile ausgehen. Da, wo die Röhre in den Boden des Cylinders geschroben ist, liegt auf ihrer Oeffnung ein Stück geölten Filzes, das von der Luft undurchdringlich ist, aber bei dem kleinsten Drucke von unten sich öffnet, wie es gleichfalls von dem kleinsten Drucke von oben wieder niedergelegt wird. Desgleichen ist in den Stempel ein kleines Loch gebohrt, welches oben ebenfalls mit einer solchen Klappe versehen ist, die beim Aufziehen sich fest schließt, beim Niederdrücken dagegen die Luft ausläßt.

Von der zweckmäßigen Einrichtung dieser Klappen, so wie von der Genauigkeit, mit welcher der Stempel auf Boden und Seiten des Cylinders paßt, hängt die Wirksamkeit des Instruments ab. Wird der Stempel auf den Boden gedrückt, so

nimmt man in der Theorie an, daß sich zwischen ihm und dem Boden kein Lufttheilchen mehr befindet. In der Praxis wird man diese Genauigkeit nie erreichen, obgleich man sich derselben außerordentlich nähern kann. Das kleine Loch von der Klappe V′ nach dem Boden des Stempels wird indeß immer eine kleine Quantität Luft enthalten. Die Quelle dieser Unvollkommenheit wird bedeutend vermindert, wenn man die Tiefe der Oeffnung unter der Klappe V′ kleiner und den Cylinder größer macht; denn wenn die Luft in diesem eben so viel Mal dünner ist, als die äußere Atmosphäre, wie der Inhalt des Cylinders größer ist, denn der Raum unter der Klappe V′, so wird diese Luft, in jenem Raume verdichtet, einen dem der Atmosphäre gleichen Druck ausüben. Hält der Cylinder einen Cubikzoll Luft, und ist die Oeffnung den hundertsten Theil eines Cubikzolls groß, so ist der Cylinder 1000 Mal so groß, als der Raum zwischen der Klappe V′ und dem Boden des Cylinders, wenn der Stempel auf den Boden gedrückt ist. Folglich kann der Proceß der Verdünnung fortgesetzt werden, bis die Luft in dem Behälter 1000 Mal dünner ist, als die äußere Atmosphäre.

Das Gefäß R kann von dem Cylinder abgeschroben werden und enthält die verdünnte Luft. Um indeß alle Zwecke dadurch zu erreichen, muß die Form des Gefäßes R und seine Verbindung mit dem Saugwerke etwas verändert werden, und die Einrichtung, welche man ihm gegeben hat, um es zu jeder Experimental-Untersuchung passend zu machen, nennt man Luftpumpe, ein Instrument, dessen Beschreibung jetzt folgen soll.

Die Luftpumpe.

§. 149.

Das Gefäß, in welchem die Verdünnung durch eine Luftpumpe vor sich geht, heißt der Recipient, und besteht gewöhnlich aus Glas in Cylinderform, mit rundem Kopfe, auf dem sich, als Handhabe, ein Knopf befindet. Einen Durchschnitt R davon liefert Fig. 23. Der untere Theil ist offen und hat eine glatte, doch scharfe Kante. Man nimmt eine ebenfalls ganz glatte, runde Kupferplatte, deren Größe sich nach dem stärksten der in Gebrauch befindlichen Recipienten richtet. SS stellt diese Platte im Durchschnitt dar.

Steht der Recipient, mit der Mündung nach unten, auf der Platte, so müssen beide so glatt sein, daß sie in luftdichter Berührung bleiben. Dies erreicht man, wenn man sie mit einer öligen Masse bestreicht. Liegt der Recipient so auf der Platte, so wird er ein geschlossener Raum, gleich R, Fig. 22., doch mit dem Vorzuge, daß man einen Gegenstand, an welchem man Experimente machen will, vorher hineinthun und durch das Glas

beobachten kann. In der Mitte der Platte **SS** steht eine kleine Oeffnung **O** mit einer Röhre **T** in Verbindung. Diese Röhre ist bei **C** mit einem Hahn versehen, der, geschlossen, alle Communication zwischen dem Recipienten und der Pumpe abschneidet, geöffnet aber der Pumpe gestattet, auf beschriebene Weise auf den Recipienten einzuwirken.

Die mit einem Stempel **P** versehene Pumpe **B** sitzt fest, und die Röhre **T** liegt in solcher Richtung, daß sie mit der Klappe **V** in dem Boden der Pumpe in Communication steht. Um die Operation zu erleichtern, zieht man nicht mit bloßer Hand, sondern bedient sich eines Drehers **D**, der ein gezähntes Rad **W** dreht, welches in damit correspondirende Zähne eingreift, die sich an dem Stempelstiele **E** befinden.

Die Operation der Pumpe kennt man bereits aus Fig. 22. Jenes Instrument und dieses unterscheiden sich nur durch die Länge und Gestalt der Communicationsröhre **T**, die Gestalt des Recipienten **R**, und die mechanische Methode, den Stempel in Bewegung zu setzen.

Um den Proceß der Verdünnung zu beschleunigen, nimmt man gewöhnlich zwei Pumpen, welche, wie die Figur zeigt, durch dasselbe Rad in Bewegung gesetzt werden, und von denen die eine steigt, während die andere fällt. Dadurch wird die verlangte Verdünnung in der Hälfte der sonst erforderlichen Zeit zu Stande gebracht.

Bei dem Gebrauche dieses Instruments ist es wünschenswerth, ja oft nothwendig, den Grad zu bestimmen, bis zu welchem die Verdünnung in dem Recipienten geschehen ist. Dies wird mit großer Genauigkeit durch einen Apparat angezeigt, welchen man ein barometrisches Visirmaß nennt, und den **HG** darstellt. Er besteht aus einer Glasröhre **GH**, deren oberes Ende **H** mit dem Recipienten oder vielmehr mit der Röhre **T** etwas über dem Hahn **C** in freier Communication steht. Die Röhre **HG** ist mehr als 30 Zoll lang und ihr unteres Ende befindet sich in einem kleinen Quecksilberbehälter. Geht die Verdünnung in dem Recipienten vor sich, so wird die elastische Kraft der auf das Quecksilber in der Röhre **HG** drückenden Luft vermindert; der äußere Druck wird also vorherrschend und treibt das Quecksilber in der Röhre empor. Das Gewicht dieser Säule sammt dem elastischen Druck der noch in dem Behälter befindlichen Luft ist gleich dem atmosphärischen Druck, weil ihnen durch dieselbe das Gleichgewicht gehalten wird, und es ist folglich klar, daß der elastische Druck der Luft in dem Behälter gleich sein muß dem Uebermaß des atmosphärischen Drucks über das Gewicht der Quecksilbersäule. Angenommen, der gewöhnliche Barometer stehe

auf 30 Zoll, die Säule in dem Visir 27 Zoll, so drückt die Differenz zwischen beiden, also 3 Zoll Quecksilber, die elastische Kraft der verdünnten Luft in dem Behälter aus; denn die Säule von 30 Zoll in dem Barometer mißt den atmosphärischen Druck, und die Säule von 27 Zoll in dem Visir muß zu dem Drucke der verdünnten Luft hinzugefügt werden, um die Kraft zu erhalten, welche diesem Drucke das Gleichgewicht hält; deshalb muß die Kraft der verdünnten Luft dem Drucke von 3 Zollen gleich sein, um welche die Barometersäule die Quecksilbersäule in dem Visir übersteigt.

In kleinen Pumpen, welche man auf dem Tische gebraucht, haben Visire der Art eine zu unpassende Form. Man gebraucht dann ein Instrument, welches Hebervisir heißt, dessen Princip leicht einzusehen ist. Eine kleine, 8 bis 10 Zoll lange Glasröhre wird in die Fig. 24. dargestellte Form **ABCD** gebogen. Das Ende **A** ist verschlossen, das Ende **D** offen und mit einer Schraube versehen, durch welche es an einer Röhre befestigt werden kann, welche mit der Röhre **T**, Fig. 23., über dem Hahn **C** verbunden ist. In die Röhre **ABCD**, Fig. 24., wird reines Quecksilber gegossen, bis der Arm **A** völlig gefüllt ist und das Quecksilber etwa ½ Zoll über **B** nach **S** steigt. Der Druck der Atmosphäre, welche durch **DC** mit der Oberfläche **S** in freier Communication steht, hält das Quecksilber in dem Raume **SBA**. Ist **D** an die Pumpe geschroben und mit der Schöpfröhre **T**, Fig. 23., über dem Hahn **C**, in Verbindung gesetzt, so wird die Oberfläche **S** durch die elastische Kraft der Luft in dem Behälter **R**, mit welchem sie in Verbindung steht, gedrückt. So lange die elastische Kraft fähig ist, die Quecksilbersäule in dem Schenkel **B** in **S** festzuhalten, giebt dieses Instrument keine Auskunft über den Grad der Verdünnung; ist sie das aber nicht mehr fähig, so beginnt das Quecksilber in dem Arme **BA** zu fallen und die Oberfläche **S** in dem Arme **BC** emporzusteigen. Die in dem Arme **BA** über **S** befindliche Säule wird nun das genaue Maß der elastischen Kraft der Luft in dem Behälter sein. In dieser Hinsicht kann man das Hebervisir als ein genaueres Maß der elastischen Kraft der Luft in dem Behälter ansehen, als das Barometervisir. Letzteres mißt eigentlich nicht die elastische Kraft der Luft in dem Behälter, sondern die Differenz zwischen dieser elastischen Kraft und dem Druck der Atmosphäre. Um also die elastische Kraft der Luft in dem Behälter zu bestimmen, sind die Angaben des Barometers nothwendig. Das Hebervisir indeß giebt zugleich den Druck der Luft in den Behälter mit.

§. 150.

So verschieden man auch die Luftpumpen von Zeit zu Zeit

gebaut hat, so beruht doch alles auf dem Princip: sie unterscheiden sich von einander hauptsächlich durch die Construction des Stempels und der Klappen.

In der oben beschriebenen Form bewirkt die Luft ihr Entweichen durch das Oeffnen der Saugklappe **V**, Fig. 23. Wie nun aber auch diese Klappe eingerichtet sein mag, immer ist irgend eine Kraft zu ihrer Oeffnung nöthig. Die einfachste Erfindung dagegen ist wohl die, in welcher die Saugklappe ganz fehlt, und die Luft frei durch die offenen Röhren aus dem Recipienten in den Pumpenbehälter geht. **T**, Fig. 25., sei die Schöpfröhre, welche von dem Behälter ausgeht, und auf einem von dem Boden des Cylinders durch einen der Dicke des Stempels gleichen Raum entfernten Punkte in den Pumpencylinder eintritt. Der Stempel **P** ist ein fester Block, welcher sich luftdicht in dem Cylinder bewegt, und wird durch einen polirten, cylindrischen Stiel in Thätigkeit gesetzt, welcher durch ein luftdichtes Loch **C** oben im Cylinder geht, der in diesem Falle geschlossen ist. An der Spitze des Cylinders befindet sich eine Klappe, welche sich nach außen öffnet. Fällt der Stempel, so läßt er über sich ein Vacuum zurück, da die äußere Luft durch die Klappe in der Spitze nicht eindringen kann; und kommt derselbe auf dem Boden an, so geht er bei der Mündung der Schöpfröhre **T** vorbei, und füllt den Raum unter derselben. Die Luft in dem Recipienten dehnt sich dann in den leeren Pumpenbehälter aus, und wird der Stempel wieder gehoben, so ist, nachdem er wieder vor der Mündung der Röhre **T** vorbei ist, die Luft, welche sich in dem Cylinder ausdehnte, zwischen dem Stempel und der Spitze eingeschlossen, wo sie durch das Steigen des Stempels verdichtet wird. Erlangt sie nun die hinreichende elastische Kraft, so öffnet sie die Klappe in der Spitze und entladet sich in die Atmosphäre.

Wird der Stempel auf den Boden gedrückt, so bleibt immer noch ein kleiner Raum zwischen beiden, der mit Luft gefüllt ist; bei jedem Steigen des Stempels aber dehnt diese Luft sich aus und wird so fortwährend vermindert.

Die Hauptquelle der Unvollkommenheit in solch einem Instrumente, unabhängig von der, welche aus der mechanischen Ungenauigkeit der Construction entspringt, hängt von der Dehnung der Klappe und dem Druck der Atmosphäre auf dieselbe ab. Um dieser Unvollkommenheit abzuhelfen, ist die Klappe in der Spitze bisweilen so eingerichtet, daß sie durch ein Röhrchen mit einer kleinen Hülfs-Schöpfpumpe in Verbindung steht, durch welche der Druck der Atmosphäre auf die Klappe zum Theil neutralisirt wird, so daß auch schon eine geringere Kraft die Klappe öffnen kann.

Die perspectivische Ansicht einer Luftpumpe mit allem Zubehör, die nach diesem Princip erbaut ist, liefert Fig. 26., wo die verschiedenen Theile der Maschine mit denselben Buchstaben bezeichnet sind, wie in der Durchschnittsansicht Fig. 23. Die eben erwähnte Hülfspumpe ist ebenfalls bei **Q** dargestellt. Sie wird durch den Griff **H** in Bewegung gesetzt.

Experimente mit der Luftpumpe.

§. 151.

Der Druck und die Elasticität der Luft sind fähig, auf verschiedene Weise durch Experimente mit der Luftpumpe erläutert zu werden.

Hat ein an beiden Enden offener Glasbehälter auf dem einen Ende eine so fest angebundene Blase, daß sie luftdicht ist, und wird mit dem offenen Ende auf die Platte einer Luftpumpe gestellt, so wird, wenn die Luft aus dem Recipienten entfernt ist, der Druck der äußern Atmosphäre auf die Blase sogleich verursachen, daß ihre obere Fläche concav werde, und ist die Luft dem Recipienten hinreichend entzogen, so wird der Druck auf die Blase dieselbe zerreißen, mit einem dem Pistolenschuß ähnlichen Geräusche. Umgekehrt wird die Blase eine convexe Form annehmen.

§. 152.

Getrocknete Früchte enthalten Lufttheilchen, welche durch den Druck der Atmosphäre in ihren Poren festgehalten werden. Hört daher dieser Druck auf, so dehnt sich die in denselben enthaltene Luft aus, und ist die Haut oder Schale der Frucht dicht, so wird dieselbe aufgetrieben. Durch das Ausströmen der Luft werden Früchte in dem Behälter das Ansehn der Reife erhalten; so wird ein zusammengeschrumpfter Apfel plötzlich reif und frisch erscheinen, und ein Bündel Rosinen sich schnell in reife Trauben verwandeln.

§. 153.

Wird eine schlaffe Blase luftdicht zugebunden, so enthält sie eine kleine Portion Luft. Diese drückt durch ihre Elasticität auf die innere Oberfläche, welche von dem atmosphärischen Druck von außen Widerstand erleidet. Wird solche Blase unter den Recipienten einer Pumpe gelegt und die Luft ausgeschöpft, so verursacht die Elasticität der innern Luft, da der äußere Druck entfernt ist, daß die Blase schwillt, welche dadurch den Anschein gewinnt, als sei sie ganz mit Luft gefüllt. Legt man mehrere schwere Gewichte auf dieselbe, so werden sie alle emporgehoben.

§. 154.

Ein verschlossenes gläsernes Gefäß **AB**, Fig. 27., werde zum Theil mit Wasser gefüllt, und die Röhre **C D** in seinen Hals gefügt, so daß das Ende **D** sich unter der Oberfläche des Wasser

befindet. Wird solch ein Gefäß unter einen Recipienten gestellt, und die Luft ausgepumpt, so treibt die elastische Kraft der in A B über der Oberfläche des Wassers eingeschlossenen Luft das Wasser in der Röhre D C in die Höhe, von wo es in C strömt, wenn der Druck der Atmosphäre durch Verdünnung hinreichend vermindert ist.

§. 155.

Vermittelst der Luftpumpe sind wir im Stande, zu beweisen, daß die Kraft, welche das Wasser dem Stempel in einer Pumpe nachtreibt, der atmosphärische Druck ist, und zwar dadurch, daß wir zeigen, daß das Wasser dem Stempel nicht folgt, wenn der atmosphärische Druck aufgehoben ist. Man stelle eine kleine Schöpfpumpe, mit dem untern Ende in einem Gefäße mit Wasser, auf die Platte der Luftpumpe, und einen oben offenen, gläsernen Recipienten darüber. Oben auf der Spitze desselben lege man luftdicht einen kupfernen Deckel, in dessen Mitte sich ein Loch befindet, durch welches sich luftdicht ein Stiel bewegt, so daß dadurch der Stempel von unten nach oben bewegt werden kann. Geschiebt dies, ehe die Luft aus dem Recipienten gepumpt ist, so steigt das Wasser dem Stempel nach; ist dieselbe aber verdünnt, so folgt es dem Stempel nicht mehr. Dies kann man beobachten, wenn man den Cylinder der Pumpe aus Glas construirt.

§. 156.

Wird ein luftdichter Stempel in nahe Berührung mit dem Boden einer nicht mit einer Klappe versehenen Pumpe gebracht, so kann man denselben wegen des atmosphärischen Drucks kaum in die Höhe ziehen. Der atmosphärische Druck hat dort die Kraft von 15 Pfd. auf den □Zoll. Wird dieser Stempel nun unter den Recipienten einer Luftpumpe gebracht, und dann emporgezogen, daß man, je mehr Luft weggepumpt wird, um so leichter den Stempel emporziehen kann, bis derselbe endlich oben an der Spitze bleibt, ohne zurück zu sinken. Sobald man alsdann aber die Luft wieder einläßt, wird er augenblicklich auf den Boden zurückgedrängt.

§. 157.

Das berühmte Experiment der Magdeburger Halbkugeln läßt sich durch eine Luftpumpe herstellen. Zwei hohle kupferne Halbkugeln, wie Fig. 28. zeigt, werden so geformt, daß sie, wenn ihre Mündungen zusammen gebracht werden, in luftdichter Berührung stehen. Sie sind mit Griffen versehen, von denen der eine abgeschroben werden kann. An der Seite, wo der Griff angeschroben wird, befindet sich eine mit einem Hahn versehene Röhre. Diese wird auf die Pumpenplatte geschroben, die andere Halbkugel darauf gesetzt und der Hahn geöffnet. Setzt man die Pumpe nun in Thä-

tigkeit, so bildet das Innere der Kugel den Recipienten, von welchem alle äußere Luft abgeschnitten ist. Ist nun die darin befindliche Luft herausgezogen, so schließe man den Hahn, mache die Kugel von der Platte los und schraube den Griff an. Alsdann wird die Kugel jedem Versuche, sie zu öffnen, widerstehen. Beträgt der Diameter der Kugel 6 Zoll, so wird der Durchschnitt durch das Centrum ungefähr 28 □Zoll messen. Die Halbkugeln werden also durch eine Kraft zusammengedrückt, welche sich auf 15 Pfd. für jeden □Zoll des Durchschnittes beläuft. Multiplicirt man 28 mit 15, so erhalten wir 420, welches der Betrag der Kraft ist, durch welche die Halbkugeln zusammengehalten werden. Wird einer der Griffe an einen starken Haken, und an den andern ein Gewicht von 400 Pfd. gehangen, so werden sie das Gewicht durch den Druck der Atmosphäre tragen.

Dies war eins der ersten Experimente, wodurch man die Kraft des atmosphärischen Drucks zeigte. Otto Gericke, der Erfinder der Luftpumpe, bauete im Jahr 1654 ein Paar solcher Kugeln von 1 Fuß Durchmesser. Der Durchschnitt durch den Mittelpunkt derselben betrug etwa 113 □Zoll, welche mit 15 multiplicirt einen Druck von etwa 1700 Pfd. geben. Wäre die Ausleerung vollkommen, so würde die Kugel durch diese Kraft zusammen gehalten; aber selbst, wenn sie unvollkommen ist, widerstehen sie einer bedeutenden Kraft.

§. 158.

Es ist eine Folgerung aus der allgemeinen Theorie der Schwerkraft, daß unter denselben Umständen Körper im Verhältniß zu ihrer Masse angezogen werden; und daraus würde folgen, daß alle Körper, wie auch ihre Massen beschaffen sind, nach demselben Verhältniß fallen. Die Erfahrung scheint dem zu widersprechen, da z. B. Metall nach einem andern Verhältniß fällt, als eine Feder. Doch das ist leicht zu erklären. Der von der Luft erzeugte Widerstand steht im Verhältniß zu der Quantität der Oberfläche, welche der Körper in der Richtung seiner Bewegung darbietet. Nun bietet das Metall eine weit kleinere Oberfläche dar, während die Kraft, welche es ausübt, um den Widerstand zu besiegen, seines größern Gewichts wegen vielfach größer ist. Daraus folgt, daß in beiden Fällen der Widerstand der Luft eine verschiedene Wirkung hervorbringt; aber jeder Zweifel wird entfernt, wenn man die Feder und das Metall in einen Raum fallen läßt, aus welchem die Luft entfernt wurde. Fig. 29. zeigt einen gläsernen Behälter, an dessen oberem Ende sich ein kupferner Deckel befindet, welcher luftdicht ist. Unter ihm befinden sich mehrere kupferne Stäbe, an denen sich eine Art Klappen befindet; diese werden von kleinen Stiften getragen, welche in einem metallenen

Stabe sitzen, der durch ein luftdichtes Loch in den Deckel geht. Dreht man diesen Stab, so gehen die Stifte unter den Klappen weg, so daß diese niedersinken und, was auf ihnen lag, fallen lassen. Man wird alsdann bemerken, daß alle Körper, z. B. eine Münze und eine Feder, in demselben Verhältniß fallen und den Boden zu gleicher Zeit berühren. Dies Experiment bezeichnet man gewöhnlich mit dem Namen »Guineen- und Feder-Experiment.«

§. 159.

Der chirurgische Proceß, welchen man Schröpfen nennt, besteht in einer Entfernung des atmosphärischen Drucks von dem der Operation ausgesetzten Theile des Körpers. Ein Gefäß mit offener Mündung wird mit einer Schröpfpumpe in Verbindung gebracht. Die Mündung wird in luftdichte Berührung mit der Haut gesetzt, und vermittelst der Saugpumpe ein Theil der Luft dem Gefäße entzogen, so daß folglich die Haut innerhalb der Mündung desselben von ihr keinen Druck mehr zu erleiden hat. Da indeß alle andern Theile noch dem atmosphärischen Druck unterworfen sind, und die elastische Kraft der in dem Körper enthaltenen Fluida ein gleiches Bestreben, sich auszudehnen, besitzt, so schwillt der Theil der Haut, welcher dem Drucke entzogen ist, an, und sieht aus, als habe der Schröpfkopf ihn eingesogen. Ist die Haut mit Lancetten geöffnet, so wird das Blut auf eigenthümliche Weise heraus gesogen.

§. 160.

Daß die Gegenwart der Luft zur Fortpflanzung des Schalls erforderlich ist, mag im Vorbeigehen ebenfalls durch die Luftpumpe erläutert werden. Ein kleiner Apparat, Fig. 30., welcher durch Auf- und Niederbewegen eine Glocke in Bewegung setzt, wird auf die Platte gesetzt, und mit einem Recipienten, dessen oberes Ende offen ist, bedeckt. Ein mit einem sich glatt bewegenden Stiele versehener Deckel wird darauf gesetzt. Dieser Stiel geht in einen Haken aus, der in den Apparat faßt und ihn auf und nieder bewegt, ohne die geringste Luft in den Recipienten einzulassen. Ist der Apparat nun an seidenen Fäden so aufgehangen, daß er weder Boden noch Seiten berührt, so schöpfe man die Luft vermittelst der Pumpe aus. Ist dies hinreichend geschehen, so ziehe man den Stiel auf und nieder, daß die Glocke läutet. Man wird alsdann keinen Ton hören.

Läßt man nach und nach Luft zu, so wird der Ton immer hörbarer, bis er zuletzt eben so laut klingt, wie in der äußern Atmosphäre. Bei diesem Experiment darf man den klingenden Apparat nicht auf der Pumpenplatte ruhen lassen, weil dieser sich

sonst eine Vibration mittheilt, die endlich die äußere Luft afficiren und einen Ton hervorbringen wird.

Die Verdichtungspumpe.

§. 162.

Dies ist ein Instrument, durch welches in ein Gefäß eine größere Quantität Luft getrieben wird, als das Gefäß bei freier Communication mit der äußern Atmosphäre faßt.

AB, Fig. 31., sei ein mit einem sich luftdicht darin bewegenden Stempel P versehener Cylinder. C sei eine von dem Boden heraufgehende, mit einem Hahn versehene Röhre; diese stehe mit dem Behälter R in Verbindung, in welchem die Luft verdichtet werden soll. Eine andere, gleichfalls mit einem Hahn versehene Röhre D gehe von dem Cylinder aus. Stehen beide Hähne offen, so ziehe man den Stempel nach der Spitze des Cylinders. Da der Behälter R in freier Communication mit der Atmosphäre steht, so wird er auch Luft von derselben Dichtigkeit und gleichem Drucke, wie die äußere Atmosphäre, enthalten. Wird der Hahn D darauf geschlossen, der Stempel auf den Boden des Cylinders gedrückt, so wird die in dem Cylinder unter dem Stempel eingeschlossene Luft durch die Röhre C in R getrieben, während der Stempel gegen den Boden R gedrückt wird. Nun schließe man den Hahn C so, daß die Luft aus R nicht entweichen kann, und öffne den Hahn D, so daß zwischen dem Cylinder AB und der äußern Atmosphäre eine freie Communication eintritt. Alsdann ziehe man den Stempel wieder in die Höhe und der Cylinder wird mit atmosphärischer Luft gefüllt werden von derselben Dichtigkeit, wie die äußere Atmosphäre. Darauf schließe man den Hahn D, öffne C, und drücke den Stempel wieder auf den Boden, so wird der Cylinder wieder von seinem Inhalte entleert, und dieser in den Behälter R getrieben. Dieses Verfahren wiederholt man, so lange R stark genug ist, dem Druck der innern Luft zu widerstehen.

Ist R 10 mal so groß als der Cylinder AB, so wollen wir den elastischen Druck der Luft in R bei dem Beginn der Operation durch 10 ausdrücken. Nach dem ersten Zuge wird dieser Druck durch 11 ausgedrückt, da die Luftquantität in R um $\frac{1}{10}$ ihres Gehalts vermehrt ist; nach dem zweiten Zuge drückt man es durch die Zahl 12, nach dem dritten durch 13 aus, u. s. w.

In hierzu gehöriger Figur ist die Nothwendigkeit, sich der Hähne zu bedienen, aufgehoben. In der Röhre C, Fig. 32., wird eine sich nach unten öffnende Klappe angebracht. Der Hals des Gefäßes R ist mit einem Hahn und einer Röhre versehen, welche in eine Schraube ausgeht. Diese Schraube steht mit einer von dem Boden der Pumpe ausgehenden in Verbindung.

Drückt man den Stempel nun nach dem Boden des Cylinders, so wird die eingeschlossene Luft verdichtet, öffnet die Klappe N, und wird in den Behälter R getrieben, von wo die nach unten sich öffnende Klappe V die Rückkehr verbietet. Zieht man den Stempel nun in die Höhe, so würde unter ihm ein Vacuum entstehen; aber der Druck der Atmosphäre öffnet oben die Klappe V', so daß der Raum unter dem Cylinder sich wieder mit atmosphärischer Luft füllt. Daß das Geräth nicht in jeder Hinsicht der Theorie genau nachkommt, ist eine Folge mancher kleinen mechanischen Unvollkommenheiten, z. B. der Klappen, deren Oeffnung doch stets eine gewisse Kraft erfordert.

Der Condensor.

§. 163.

Dieser steht in demselben Verhältniß zu dem oben beschriebenen Apparat, wie die Luftpumpe zu der Schöpfpumpe. Er besteht aus einem genau angefügten Recipienten, der durch eine Röhre mit einer oder zwei Verdichtungspumpen in Verbindung steht. Dieses Instrument giebt zugleich den Grad der erlangten Verdichtung an. Zu dem Zwecke wird, wie bei der Luftpumpe, ein Quecksilbervisir angebracht. Eine gebogene Röhre ABC, Fig. 33., enthält in dem krummen Theile eine kleine Quantität Quecksilber SBS'. Sind die Enden der Röhre offen und in freier Communication mit der Luft, so stehen die Oberflächen S, S' in gleichem Niveau. Das Ende C ist mit einem Hahn versehen, durch welchen die Verbindung mit der Atmosphäre gestattet oder verhindert wird. Das Ende A steht durch eine Röhre in Verbindung mit dem Behälter, in welchem die Luft verdichtet werden soll. Vor dem Beginn des Prozesses ist der Hahn C geschlossen und die zwischen ihm und der Oberfläche S' eingeschlossene Luft hat denselben Druck wie die äußere Atmosphäre. Beginnt die Verdichtung in R, so nimmt der Druck auf S zu, welches also fällt, während S steigt. Aus dem in §. 133. Bewiesenen folgt aber, daß der Druck der in S'C eingeschlossenen Luft in demselben Verhältniß zunimmt, in welchem der Raum S'C vermindert wird. Wird nun die in der Röhre eingeschlossene Luft auf die Hälfte ihrer ursprünglichen Masse reducirt, so wird der von ihr ausgeübte Druck das Doppelte des atmosphärischen Drucks sein. Ist sie auf $\frac{2}{3}$ ihrer anfänglichen Masse reducirt, so wird ihr Druck zu dem atmosphärischen sich wie 3:2 verhalten, und so ferner. Rechnet man diesen Druck mit dem des Quecksilbers zwischen S und S' zusammen, so giebt dies den ganzen Druck der in dem Recipienten verdichteten Luft.

Obgleich man den Condensor in der Experimentalphysik wohl anwendet, ist er doch von weit geringerer Wichtigkeit, als die

Luftpumpe. Unzählig sind die Fälle, in welchen es nothwendig ist, zu erforschen, was bei dem Mangel an Luft vorgeht; doch sind sie gering im Verhältniß zu denen, in welchen daran gelegen ist, zu erforschen, welche Wirkungen durch den vermehrten atmosphärischen Druck erzeugt werden.

Daher glauben wir, in einer Abhandlung dieser Art eines weitern Eingehens in die Details hinsichtlich den Condensors überhoben zu sein.

Sechstes Capitel.

Maschinen zum Emportreiben des Wassers.

Die Hebepumpe. — Pumpe ohne Friction. — Die Saugpumpe. — Dieselbe mit einem Luftgefäß. — Dieselbe mit einem soliden Taucher. — Doppelte Zwingpumpe. — Heber. — Der würtembergische Heber.

§. 164.

Um Wasser über seine natürliche Höhe zu erheben, hat man Maschinen von großer Verschiedenheit der Form angewandt. Man nennt sie im Allgemeinen »Pumpen.«

Die einfachste ist die sogenannte

Hebepumpe.

§. 165.

ABDC, Fig. 34., sei ein kurzer Cylinder, der in dem Wasserbehälter steht. Er steht durch eine Klappe x mit einer Röhre **CE** in Verbindung, welche so hoch reicht, als das Wasser getrieben werden soll. Ein Stempel bewegt sich wasserdicht in dem Cylinder **AD**, und wird, wie die Figur zeigt, durch einen Stiel bewegt. Dieser Stempel ist mit einer Klappe versehen, welche sich nach oben öffnet.

Fällt der Stempel, so öffnet der Druck des Wassers die Klappe v, und der Cylinder zwischen den beiden Klappen füllt sich mit Wasser. Steigt der Stempel, so drückt dieses Wasser gegen die Klappe x, öffnet dieselbe und wird in die Röhre **CE** getrieben, von wo es wegen der Klappe x nicht zurückkehren kann. Durch den hydrostatischen Druck des Wassers in dem Behälter folgt dieses dem Stempel; und bei dem nächsten Fallen des Stempels geht wiederum Wasser durch die Klappe v, das darauf durch die Klappe x getrieben wird.

§. 166.

Die genielle Form der in Fig. 35. dargestellten Pumpe wirkt nach dem Princip der Hebepumpe, obgleich sie dem äußern An-

schein nach davon sehr verschieden ist. Sie ist jedoch ziemlich frei von Friction, und, da sie durch ein Thier in Bewegung gesetzt werden kann, eins der vorzüglichsten Mittel, thierische Kräfte zu benutzen.

ABCD sei eine hölzerne Röhre von irgend einer Gestalt, rund oder viereckig, welche eben so tief im Wasser steht, als der Behälter, in welchen das Wasser geleitet werden soll, hoch liegt. Ist AH diese Höhe, so muß die Tiefe GB = AH sein. LM ist ein schwerer Balken, der an einer Kette hängt, und durch seine eigne Schwere niedergedrückt wird. Eine Klappe v bedeckt eine am Boden der Röhre befindliche Oeffnung. Durch den hydrostatischen Druck tritt das Wasser in die Klappe v, und füllt die Röhre so hoch, als das Wasser in dem Behälter steht. GI ist eine auf der Oberfläche des Wassers von der Seite der großen Röhre ausgehende Röhre, welche mit der senkrechten Röhre AH durch die nach oben sich öffnende Klappe H in Verbindung steht. K ist die Oeffnung zum Entleeren. Der Balken LM hängt lose in der Röhre, so daß er sich völlig frei von Friction auf und nieder bewegt. Sinkt derselbe in das unten befindliche Wasser, so schließt sich die Klappe v, und das durch den Balken verdrängte Wasser wird durch die Klappe H in die Röhre AH getrieben. Steigt der Balken, so schließt sich die Klappe H und das in AH getriebene Wasser kann nicht zurückkehren. Das Wasser aus dem untern Behälter fließt dann durch die Klappe v, und steigt in der Röhre bis G. Das nächste Fallen des Stempels treibt mehr Wasser in die Röhre AH und dies dauert so lange fort, als der Stempel in Bewegung bleibt.

Die Art, wie dieser Apparat durch das Gewicht eines Menschen in Bewegung gesetzt wird, zeigt Fig. 36. Man nimmt zwei solche Pumpen, und der Stempel fällt in der einen, während er in der andern steigt. Beide Pumpen stehen mit einer verticalen Röhre in Verbindung, welche daher stets mit Wasser gefüllt ist. Ein Mann geht von dem einen Ende einer schrägen Fläche zu dem andern, und verursacht dadurch, daß er bald auf der einen, bald auf der andern Seite der Stütze steht, daß die Stempel wechselseitig steigen und sinken.

Die Saugpumpe.

§. 167.

Die gewöhnliche Saugpumpe ist eine weite Syringe, welche mit einer Röhre verbunden ist, deren unteres Ende im Wasser steht. Diese Röhre heißt die Saugpfeife.

W, Fig. 37., sei der Wasserbehälter, und SO die Saugröhre. Das untere durchlöcherte Ende O dient als Sieb, und hält Unreinigkeiten ab. Am obern Ende der Saugröhre befindet

sich eine Klappe x, welche sich nach oben öffnet, und hier ist die Röhre mit der großen Syringe BC verbunden, die mit einem Stempel versehen ist, in dem sich eine andere Klappe v befindet, welche sich gleichfalls nach oben öffnet. Der Stempel wird in gewöhnlichen Pumpen durch einen Hebel auf- und niederbewegt. Beim Beginn der Operation fällt die Höhe des Wassers in der Saugröhre mit der des äußern Wassers zusammen, weil beide demselben atmosphärischen Drucke unterworfen sind. Wird aber die Syringe BC in Bewegung gesetzt, so wird die Luft in der Rühre SO verdünnt, auf die in §. 148. erklärte Weise. Da der Druck der Luft in SO auf die Oberfläche des innern Wassers nun vermindert ist, so wird eine Wassersäule durch das Uebergewicht des atmosphärischen Drucks in die Röhre SO getrieben. Indeß ist die Construction und Operation der großen Syringe BC immer unvermeidlichen Unvollkommenheiten unterworfen, welche desto größer sind, nach je größerm Maßstabe das Instrument gemacht ist. Aus diesen Ursachen wird eine Wassersäule, welche in die Röhre SO gehoben werden kann, weniger als 30 Fuß hoch sein. Indeß sieht man, daß innerhalb dieser Grenze die Länge der Röhre SO von dem Grade der Vortrefflichkeit abhängt, welche die Construction der Syringe CB besitzt.

Ist die Verdünnung genugsam geschehen, und hat die Röhre SO ihre passende Länge, so steigt die Wassersäule, bis ein Theil derselben durch die Klappe x geht, und sie wird zu einer Höhe in BC steigen, deren Betrag über dem Wasser in dem Behälter durch das Uebergewicht des atmosphärischen Drucks über den Druck, welcher fortwährend auf die Oberfläche des Wassers in CB wirkt, bestimmt wird. Das so in CB gezogene Wasser drückt auf die Klappe x und kann nicht in die Saugröhre zurückkehren. Wird der Stempel nun niedergedrückt, so wirkt er auf das Wasser, welches sich über der Klappe x befindet. Wird dieses Wasser nun von dem Stempel emporgehoben, so treibt der auf die Oberfläche des Wassers im Behälter wirkende atmosphärische Druck mehr Wasser durch die Klappe x, während bei jedem Sinken des Stempels dieselbe Quantität Wasser durch die Klappe v geht. Häuft sich das Wasser über dem Stempel, so erreicht es endlich die Mündung, durch welche es ausströmt.

Das ist die Construction und Wirksamkeit der gewöhnlichen Pumpe. Sie muß mit eben so viel Kraft in Bewegung gesetzt werden, als das Gewicht alles Wassers beträgt, welches sich auf ein Mal darin befindet, da der atmosphärische Druck ihre Wirksamkeit nicht unterstützt.

Ist die Wirkung der Pumpe einem öftern Ausbleiben unterworfen, so fließt der aus der Mündung stürzende Strom unregel-

mäßig und in Absätzen, wenn man nicht Verhütungsmittel anwendet. Man errichte oben auf der Pumpe einen Wasserbehälter. Treibt die Pumpe dann einmal zu viel Wasser empor, so häuft es sich über dem Ausfluß; der Behälter MN füllt sich und dies dauert fort, bis die Erhöhung der Wasseroberfläche über dem Ausflusse solch einen Druck hervorbringt, daß die Schnelligkeit des Ausfließens gleich ist der Schnelligkeit, in welcher das Wasser durch den Stempel gehoben wird. Das Wasser in dem obern Behälter hört dann auf zu steigen. Die Höhe desselben indeß ist durch das Steigen des Stempels einer kleinen Veränderung unterworfen; denn während der Stempel fällt, das Wasser aus dem Abfluß läuft und von dem Stempel kein neues nachgebracht wird, muß das Wasser in dem obern Behälter fallen. Und so umgekehrt. Ist aber der obere Behälter viel größer, als der in Betracht kommende Theil der Pumpenröhre, so wird die Veränderung der Oberfläche verhältnißmäßig klein sein; denn die Quantität Wasser, welche einen Theil der Pumpenröhre füllt, der dem Spielraum des Stempels gleich ist, wird in der Oberfläche des Wassers dem obern Behälter nur eine geringe Veränderung bewirken.

Die Zwingpumpe.

§. 168.

Es ist dies ein Instrument, welches das Princip der Saug- und Hebepumpe vereinigt. In Fig. 38. ist CE eine Saugpfeife, welche in das Wasser reicht, und an deren oberm Ende eine nach oben sich öffnende Saugklappe V befindlich ist. Die Pumpenröhre ABCD ist mit einem massiven Stempel ohne Klappe versehen, und von der Seite dieser Röhre, dicht über der Saugklappe, geht eine Pfeife aus, welche mit einem aufrechten Cylinder GH in Verbindung steht, der so hoch reicht, als das Wasser gehoben werden soll. In dem Boden dieses Cylinders befindet sich eine Klappe V', welche sich nach oben öffnet. Bei dem Beginn des Processes sind die Saugpfeife CE und der Raum zwischen dem Stempel und den Klappen mit Luft gefüllt. Wird der Stempel auf die Klappe V niedergedrückt, so wird die in dem letzten Raume eingeschlossene Luft verdichtet, von der ein Theil entweicht, indem sie die Klappe V' öffnet. Beim Heraufziehen des Stempels wird die Luft unter demselben verdünnt, und da nun die Luft in der Saugpfeife durch ihren überwiegenden Druck die Klappe V öffnet, so dehnt sie sich in dem obern Raume aus; ein Theil derselben entweicht dann durch die Klappe V' wenn der Stempel wieder fällt. Man sieht, daß die Pumpe während dieses Processes wie eine Luftpumpe wirkt, und in jeder Hinsicht dem in §. 148. beschriebenen Instrumente gleich ist. Ist

die Luft nun hinreichend verdünnt, so treibt der atmosphärische Druck Wasser aus dem Brunnen durch die Saugpfeife und die Klappe V in den Raum zwischen dem Stempel und den Klappen. Fällt nun der Stempel, so drückt er auf die Oberfläche des Wassers, und die nach oben sich öffnende Klappe V verhindert das Zurückfließen des Wassers in die Saugpfeife; während der von dem Wasser nach der Klappe V′ fortgepflanzte Druck des Stempels, letztere öffnet, und so wie der Stempel fällt, das Wasser in die Röhre GH treibt. Das nächste Steigen des Stempels läßt noch mehr Wasser durch die Klappe V, und das nächste Fallen treibt dieses Wasser durch die Klappe V′ in die Zwingröhre. Fährt man so fort, so nimmt die Wassermasse in der Zwingröhre beständig zu, da bei jedem Fallen des Stempels gleich viel hinzukommt.

Es erhellt, daß wenn die Höhe der Zwingröhre der Länge der Saugröhre gleich ist, der Stempel mit derselben Kraft auf- und niedergedrückt werden muß; ist aber die Höhe der Zwingröhre größer oder geringer als die Länge der Saugröhre, so muß auch der Druck nach unten größer sein, in demselben Verhältniß, als die Kraft, welche den Stempel emporhebt. In der That ist die Kraft, welche den Stempel in dieser Pumpe aufzieht, nachdem das Wasser zu der Klappe erhoben ist, stets eine und dieselbe, während die Kraft, mit welcher der Stempel niedergedrückt werden muß, beständig zunimmt, bis das Wasser in der Zwingröhre den Ausflußpunkt erreicht, und der Ausfluß dem Zufluß gleich wird.

Der Zufluß des Wassers vermittelst der Zwingröhre durch die Klappe V′ setzt offenbar aus, wenn er während des Steigens des Stempels aufhört; daraus folgt, daß auch das Strömen aus dem Ausflußpunkte demselben Aussetzen unterworfen ist, wenn man nicht Gegenmittel anwendet. Ein oben an der Zwingröhre angebrachter Behälter (Fig. 39.), wie bereits bei der Saugpumpe beschrieben wurde, ist zu dem Zwecke dienlich; noch besser indeß ist ein Apparat, welcher Luftgefäß heißt, und in Fig. 39. dargestellt ist. Unmittelbar über der Klappe V′ steht eine kurze Röhre mit einem stark verschlossenen Gefäße von hinlänglicher Größe in Verbindung; durch die Spitze dieses Gefäßes geht die Zwingröhre GH und reicht bis nahe auf den Boden. Durch die Bewegung der Pumpe wird das Wasser in das Gefäß MN getrieben, und wenn die Oberfläche desselben über die Mündung H der Zwingröhre steigt, so ist die Luft in MN über dem Wasser eingeschlossen; und da das Wasser nach und nach hineingetrieben wird, so wird die Luft comprimirt und mit erhöhter elastischer Kraft auf die Oberfläche des Wassers gedrückt; dieser Druck bildet eine Wasser-

säule in der Röhre GH und erhält diese Säule in einer Höhe, welche der elastischen Kraft der verdichteten Luft proportional ist. Ist die Luft in dem Gefäße M auf die Hälfte ihrer ursprünglichen Masse reducirt, so wirkt sie auf die Oberfläche des Wassers mit dem doppelten atmosphärischen Druck; da aber während dem das Wasser in der Zwingröhre nur dem einfachen atmosphärischen Drucke ausgesetzt ist, so ist hier eine Kraft nach oben, welcher nichts Widerstand leistet, und die dem atmosphärischen Drucke gleich ist, welcher die Wassersäule in der Röhre hält: eine Säule, welche dann etwa 34 Fuß hoch gehalten werden wird. Ist die Luft auf $\frac{1}{3}$ ihrer ursprünglichen Masse reducirt, so beträgt die Höhe der Säule, welche sie tragen kann, 68 Fuß, und so fort. Geht die Zwingröhre in eine mit kleinen Löchern versehene Kugel aus, so daß ein jet d'eau entsteht, so wird der elastische Druck der Luft auf die Oberfläche verursachen, daß das Wasser aus den Höhlen sprudelt.

In der Zwingpumpe ist es von großer Wichtigkeit, daß der Stempel sich wasserdicht in dem Cylinder bewegt; in der Ausführung ist das nicht so leicht zu bewerkstelligen. Die Fig. 40. gegebene Einrichtung eignet sich besser, eine vollkommene Wirkung der Pumpe zu sichern, als die bereits angegebene Form des Stempels. In diesem Falle geht ein polirter, cylindrischer, metallener Balken P durch einen ledernen Kragen AB, welcher genau schließt; macht man ihn mit Oel oder Talg schlüpfrig, so wird er vollkommen luft- und wasserdicht.

Wird der Balken in die Höhe gezogen, so wird der Raum, welchen er verläßt, von dem Wasser gefüllt, welches durch die Klappe V emporsteigt; fällt er, so wird das Wasser, welches den Raum füllt, in den er eindringt, vor ihm her durch die Klappe V' in die Zwingröhre getrieben.

Betrachtet man die Zwingpumpe in Fig. 38. genau, so sieht man, daß die Principien, nach welchen der Stempel beim Auf- und Niedergehen wirkt, völligv erschieden sind. Beim Steigen dient er Fig. 40. dazu, das Wasser aus der Saugröhre in den Pumpencylinder zu schaffen, beim Fallen dagegen, das Wasser aus dem Pumpencylinder in die Zwingröhre zu treiben. Da nun der Stempel massiv und mit keiner Klappe versehen ist, so ist kein Grund da, warum seine obere Fläche nicht eben so gut dazu dienen könnte, Wasser emporzuheben oder fortzutreiben, als die untere. Während die untere Fläche dazu dient, Wasser aus der Saugröhre zu heben, könnte die obere angewandt werden, Wasser in die Zwingröhre zu treiben, und umgekehrt. Um dies vollkommen zu machen, ist nur erforderlich, daß die Spitze des Cylinders verschlossen sei, und der Stempelstiel sich in einem luftdichten

Kragen bewegt, indem die Spitze des Cylinders sowohl mit der Zwing- und Saugröhre, als mit dem Boden in Verbindung steht.

Diese Einrichtung zeigt Fig. 41. Steigt der Stempel, so wird die Saugklappe F geöffnet, und Wasser in den Pumpencylinder unterhalb des Stempels geschafft; fällt der Stempel, so schließt sich die Saugklappe F, und der Druck des Stempels auf das Wasser unter demselben öffnet die Klappe C, und treibt das Wasser in die Zwingröhre CG. Ebenfalls steigt, während der Stempel fällt, Wasser durch die Saugklappe E in den Cylinder über dem Stempel; und steigt der Stempel, so hält das aufwärts gedrückte Wasser die Klappe E verschlossen und öffnet die Klappe D, und wird so in die Zwingröhre getrieben. Durch diese Einrichtung wird der Zwingpfeife beständig aus dem Pumpencylinder Wasser zugeführt; und auf gleiche Weise erhält der Pumpencylinder einen beständigen Zufluß aus der Saugröhre. Dies sieht man genau, wenn man bedenkt, daß stets eine der beiden Saugklappen E oder F offen sein muß. Fällt der Stempel, so ist E offen und F verschlossen; steigt er, so ist F offen und E verschlossen; folglich fließt beständig ein Strom aus der einen oder andern Klappe in den Cylinder. Gleichfalls muß, mag der Stempel steigen oder fallen, eine der Klappen C oder D offen sein; steigt er, so ist D verschlossen und C offen; fällt er, so ist D offen und C verschlossen.

Die Feuerspritze.

§. 169.

Die Feuerspritze ist einer Verschiedenheit von Formen unterworfen, welche indeß alle in einem Principe zusammenkommen. Sie besteht im Allgemeinen aus einer doppelten Zwingpumpe, welche mit demselben Luftgefäße in Communication steht, und hat statt einer Zwingröhre eine lederne Röhre, durch welche das Wasser von dem Drucke der verdichteten Luft in dem Luftgefäße getrieben wird. Fig. 42. zeigt diesen Apparat im Durchschnitt. T ist eine Röhre, welche in den Behälter oder ein anderes den Wasservorrath enthaltendes Gefäß geht. Diese Röhre steht mit zwei Saugklappen V in Verbindung, welche sich in die Pumpencylinder zweier Zwingpumpen AB öffnen, in denen sich massive Stempel P befinden. Die Stempelstiele sind durch einen Balken verbunden, der so eingerichtet ist, daß mehrere Personen auf beiden Seiten daran arbeiten können. Zwingröhren gehen aus den Seiten des Pumpenbehälters über die Klappen V, und stehen vermittelst Klappen, welche sich gleichfalls nach oben öffnen, mit einem Luftgefäß M in Verbindung. Die Röhre geht in das Luftgefäß nahe über dem Boden, wie bereits bei Fig. 39. beschrieben wurde.

Diese Röhre steht mit dem biegsamen ledernen Schlauche L in Verbindung, dessen Länge dem Zwecke der Maschine angemessen sein muß. Das Ende des Schlauches kann nach jeder Richtung, und in Thüren und Fenster von Gebäuden geleitet werden. Durch die wechselseitige Bewegung der Stempel wird Wasser durch die Saugklappe, und durch die Zwingklappen V′ getrieben, bis die Luft in der Spitze des Gefäßes M sehr comprimirt wird. Dieser Druck wirkt beständig auf die Oberfläche des Wassers in dem Gefäße, und treibt es durch den ledernen Schlauch. Die Kraft, mit welcher das Wasser dann herausströmt, steht im Verhältniß zu dem Uebermaße des Drucks der verdichteten Luft über das Gewicht der Wassersäule, deren Höhe gleich ist der Erhebung des Endes des Schlauches über das Niveau des Wassers in dem Luftgefäße.

Der Heber.
§. 170.

Der Heber ist eine Erfindung, durch welche eine Flüssigkeit aus einem Gefäße durch einen unmittelbaren Canal, der sich über das natürliche Niveau des Wassers erhebt, in ein anderes geleitet wird.

E, Fig. 43., sei ein mit einer Flüssigkeit gefüllter Behälter und B die Höhe, über welche die Flüssigkeit geleitet werden soll. ABC sei eine gebogene, an beiden Enden offene Röhre; der Arm BA stehe in der Flüssigkeit, welche hinübergeleitet werden soll, und das Ende C werde in das Gefäß gehalten, in welches die Flüssigkeit geleitet werden soll. Man ziehe mit dem bei C angesetzten Munde oder mit einer Schöpfpumpe die Luft aus der Röhre DBC. Sogleich wirkt der atmosphärische Druck auf die Oberfläche D des Wassers in dem Behälter, und treibt dasselbe in die Röhre AB nach B zu; und liegt der Punkt B nicht höher über dem Niveau des Behälters, als 32 Fuß, so wird das Wasser zu dem höchsten Punkte B steigen und so fließen, daß es die ganze Röhre bis zu der Mündung C füllt.

Um das Princip zu begreifen, nach welchem der Heber wirkt, wollen wir annehmen, daß ein doppelter Druck auf das Wasser in dem Punkte B wirke, einer nach C und ein anderer nach D. Je nachdem dieser oder jener vorherrscht, wird es sich nach der einen oder der andern Richtung bewegen. Der auf die Oberfläche D wirkende atmosphärische Druck trägt die Säule in dem Heber zwischen der Oberfläche und dem Punkte B, und drückt das Wasser in B nach C, mit einem Drucke, der dem Betrage gleich ist, um welchen der atmosphärische Druck das Gewicht der Säule DB, welche er in dem Heber trägt, übersteigt. Der atmosphärische Druck wirkt also auf die Mündung C des Hebers, und erlei-

det von dem Gewicht der Säule CB Widerstand. Er übt auf das Wasser in B einen Druck aus, der sich bis auf das Uebermaß des atmosphärischen Drucks über das Gewicht der Säule C B beläuft. So erhellt denn, daß das Wasser in B nach C gedrängt wird durch eine Kraft, welche jenem Drucke gleich ist, um welchen der atmosphärische Druck das Gewicht des Wassers in B D übersteigt, und diese Kraft erleidet Widerstand durch eine Kraft, welche derjenigen gleich ist, um welche derselbe atmosphärische Druck das Gewicht des Wassers in CB übersteigt. Da nun der atmosphärische Druck das Gewicht des Wassers in DB um eine größere Quantität übersteigt, als das des Wassers in BC, so folgt, daß B mit größerer Kraft nach C, als nach D getrieben, folglich nach C fließen wird.

Endigte der Arm des Hebers bei D', so müßten die Kräfte, welche auf das Wasser in B wirken würden, gleich sein; denn die eine würde der atmosphärische Druck sein vermindert durch die Schwere des Wassers in BD, die andere der atmosphärische Druck vermindert durch die Schwere des Wassers in BD'; da aber die Schwere des Wassers in BD und BD' gleich ist, also auch die Kräfte sich gleich sind, so wird kein Wasser aus dem Heber fließen. Endigt der Arm des Hebers über D', z. B. in E, so wird der Druck auf das Wasser in B, vorausgesetzt, daß der Heber gefüllt ist, in der Richtung BD größer sein, als in der Richtung BC, und das Wasser daher zurück in den Behälter fließen, der Heber also unnütz sein.

FG sei ein Gefäß, in welches die Flüssigkeit geleitet werden soll. Erhebt es sich in diesem Gefäße über die Mündung C zu irgend einem höhern Stande, z. B. L, so wird dem Gewichte des Wassers in dem Arme unter L von dem Drucke des Wassers in dem Gefäße FG das Gleichgewicht gehalten, weshalb der wirksame Arm des Hebers BL sein wird. Mit dem Steigen der Oberfläche des Wassers in dem Gefäße FG also wird der eigentliche Arm des Schenkels verkürzt. Steigt die Oberfläche L bis zum Niveau der Oberfläche D, so werden die Arme des Hebers gleich, so daß nach dem bereits Gesagten ihre Wirkung aufhören muß.

So erhellt denn, daß der Heber bloß ein Instrument zum Abziehen der Flüssigkeiten ist, keineswegs aber die Stelle einer Pumpe versieht, um Flüssigkeiten über das Niveau zu erheben, welches sie in dem Gefäße, worin sie enthalten waren, einnahmen.

Der Prozeß des Ausleerens wird oft auf folgende Weise erleichtert: Eine kleine Röhre geht von dem längern Arme nahe am Ende desselben nach D, Fig. 44. Hält man das Ende A in die Flüssigkeit, und verschließt C mit der Hand, so kann der an

das Ende E der Hülfsröhre gehaltene Mund den Heber luftleer machen und die Flüssigkeit zum Fließen bringen.

Ist der Heber sehr groß, so läßt sich dieses Verfahren nicht anwenden. In diesem Falle verstopfe man zuerst beide Enden A und C der Röhre, mache an dem höchsten Theile B ein Loch hinein, und fülle durch dasselbe das Instrument mit jener Flüssigkeit. Dann verstopfe man dieses Loch, öffne die beiden Enden und das Instrument ist in Wirksamkeit. So kann man einen Heber von beträchtlicher Größe construiren, und Wasser über einen Hügel leiten, wenn die senkrechte Höhe des Hebers sich nicht 34 Fuß über das Niveau des Behälters erhebt, aus welchem das Wasser geholt werden soll; doch ist gleichfalls klar, daß das Bassin, in welches es geleitet werden soll, nicht höher liegen darf, als der Behälter, aus dem es abgeleitet wird.

Der Würtembergische Heber hat den Vorzug, daß er, einmal gefüllt, stets so bleibt, da der Verlust nur durch Verdunstung ersetzt wird. Fig. 45. zeigt dieses Instrument. Ist er nicht in Gebrauch, so hängt man ihn mit dem gebogenen Theile B an einen Haken oder Nagel. Die Enden D und E stehen dann nach oben, während die Flüssigkeit durch den auf beide Oberflächen D und E wirkenden atmosphärischen Druck in dem Heber festgehalten wird. Taucht man den Arm BCD in eine Flüssigkeit, so wird die Oberfläche D durch das Gewicht der aufliegenden Flüssigkeit niedergedrückt, wie auch durch den auf diese wirkenden atmosphärischen Druck. Dieser Druck wird nach E fortgepflanzt, wo er nur von dem atmosphärischen Druck Widerstand erleidet; folglich wird das Wasser mit einer Kraft aus E getrieben, welche dem hydrostatischen Drucke auf die Oberfläche D gleich ist.

Siebentes Capitel.

Der Luftballon. Die Windbüchse. Die Taucherglocke.

Die Windbüchse. — Erste Versuche mit dem Ballon. — Lana's Ballon mit verdünnter Luft. – Feuerballon. — Erstes Aufsteigen. — Ballons mit Hydrogen gefüllt. — Fallschirm. — Blanchard's Experiment. — Ursachen der Wirksamkeit des Fallschirms. — Das Aufsteigen des Gay-Lussac und Biot. — Erscheinungen in den höhern Luftregionen. — Die Taucherglocke.

Die Windbüchse.

§. 171.

Die Windbüchse ist ein Instrument, um Kugeln und dergleichen durch die elastische Kraft der verdichteten Luft fortzutreiben.

Eine starke hohle Metallkugel wird mit einer Oeffnung und einer nach innen aufgehenden Klappe versehen; in ihr wird die Luft durch eine Verdichtungspumpe so sehr als möglich verdichtet.

Ist dies geschehen, so wird die Kugel an einen Flintenlauf geschroben, welcher so eingerichtet ist, daß ein Drücker die Klappe zu öffnen im Stande ist. Wird die Klappe nun geöffnet, so treibt die verdichtete Luft die in dem Laufe befindliche Kugel heraus, mit einer Gewalt, die der Kraft der verdichteten Luft gleich ist.

In dem Schaft der Flinte kann ein Kugelnbehälter befindlich sein, aus welchem die Kugeln durch einen Mechanismus in den Lauf geschoben werden können, so daß die Büchse nach jedem Abschießen sogleich wieder geladen ist.

Der Behälter der verdichteten Luft kann verschiedene Gestalten haben, doch die eben beschriebene ist eine der besten.

Der Luftballon.

§. 172.

Die physikalischen Bedingungen, unter welchen ein fester Körper in einer Flüssigkeit sich auf die Oberfläche erhebt, auf den Boden sinkt, oder sich schwebend erhält, sind in dem ersten Theile dieses Werkes (Hydrostatik, fünftes Capitel) hinreichend erklärt.

Ist ein Körper schwerer, als die Quantität Flüssigkeit, deren Raum er einnimmt, so sinkt er. Ist er ihr an Gewicht gleich, so bleibt er schwebend, wie die Flüssigkeit selbst thun würde; ist er aber leichter als die verdrängte Flüssigkeit, so steigt er auf die Oberfläche.

Da Flüssigkeiten incompressibel sind, so haben alle ihre Schichten dieselbe Dichtigkeit; folglich ist auch ein fester Körper, welcher an einem Orte leichter ist als die von ihm verdrängte Flüssigkeit, in jeder Tiefe leichter. Strebt also ein Körper, aus irgend einer Tiefe auf die Oberfläche zu steigen, so wird dies so lange fortdauern, bis er dieselbe erreicht hat. Nimmt dagegen die Wasserschicht nach der Oberfläche hin an Dichtigkeit zu, dann kann der Körper, welcher vorher leichter als die untere Schicht war, der obern an Gewicht gleich sein. Ein solcher Körper wird dann in einer gewissen Höhe steigen, in geringerer dagegen fallen, und in einer gewissen Tiefe wird er sich schwebend erhalten.

Die Eigenschaft der Flüssigkeiten, welche die Ursache dieser Erscheinungen ist, besteht in dem Vermögen, den Druck frei fortzupflanzen. Dies wird durch einen Hinblick auf §. 55. deutlich werden, wo gezeigt wurde, daß der feste Körper nach der Oberfläche emporsteigt durch den Druck der flüssigen Säule, deren

Basis mit ihm übereinstimmt und in demselben Niveau bleibt, und welcher Druck von der untern Schicht der Flüssigkeit auf die Basis des festen Körpers fortgepflanzt wird. Letztere Eigenschaft ist allen elastischen Fluidis gemein, und wir können daraus folgern, daß ein in einer gasigen Flüssigkeit schwebender Körper, welcher leichter ist, als dieselbe, steigen, ist er ihr an Gewicht gleich, sich schwebend erhalten wird. Damit also ein fester Körper durch Anwendung einer gewissen Kraft steige, ist nur erforderlich, daß durch den Belauf der angewandten Kraft sein Gewicht geringer sei als das der von ihm verdrängten Luft. Auf dieses Princip gründet sich die Construction der Luftballons.

Die zuerst sich darbietende Methode, einen Ballon zu construiren, besteht darin, daß man einen geräumigen Behälter luftleer macht. Er wird dann noch dieselbe Quantität Luft verdrängen, aber bedeutend leichter sein. Dieser Methode bediente man sich anfangs. Etwa um die Mitte des 17ten Jahrhunderts nahm ein Jesuit, Francis Lana, vier hohle Kupferkugeln, jede von 20 Fuß im Durchmesser, und so dünn, daß das Totalgewicht des Kupfers, aus welchem sie bestanden, geringer war, als das Gewicht der Luft, welche sie verdrängten.

Er schlug vor, diese Kugeln mit einem mit Segeln versehenen Boote zu verbinden, wie Fig. 46. zeigt, und hoffte, damit die Wolken zu durchfahren.

Die Ausschöpfemethode indeß, deren sich Lana bediente, war zu dem Zwecke ungenügend; wäre das aber auch nicht der Fall gewesen, so würde doch der atmosphärische Druck die Kugeln zusammengedrückt haben. Im Allgemeinen steht es fest, daß kein fester Körper stark genug ist, eine Kugel fähig zu machen, dem äußern atmosphärischen Drucke zu widerstehen, wenn demselben nicht von innen ein entsprechender Gegendruck das Gleichgewicht hält, falls die Kugel nicht von so großer Dicke gemacht ist, daß ihr Gewicht bei weitem das der von ihr verdrängten Luft übersteigt.

Fig. 46. Um einem großen hohlen Körper hinreichende Schwimmbarkeit zu geben und ihn vor dem Druck der atmosphärischen Luft zu sichern, muß man ihn mit einer elastischen Flüssigkeit füllen, welche der Wirkung der äußern Luft das Gleichgewicht hält, und zugleich durch ihr geringes specifisches Gewicht einen Grad von Schwimmbarkeit erzeugt, der hinreichend ist, die Materialien, aus denen der Körper besteht, emporzuheben. Da in diesem Falle die Kräfte, welche auf den Ballon wirken, in einem Zustande des Gleichgewichts gehalten werden, so ist keine große Stärke erforderlich; weßhalb man sich einer sehr leichten, biegsamen, für Luft oder Gas undurchdringlichen Substanz bedienen kann.

Die am nächsten liegende, aus diesen Betrachtungen hervorgegangene, Erfindung ist: durch Hitze verdünnte atmosphärische Luft. Um dies zu erläutern, versehe man eine gläserne Kugel A mit einer Röhre T, welche oben gekrümmt ist, und in ein Wasser oder dergleichen enthaltendes Gefäß V, Fig. 47., hinabreicht; in der Röhre befindet sich alsdann gewöhnliche atmosphärische Luft. Setzt man nun z. B. eine Lampe unter die Kugel, so drückt die Luft in dieser letztern, deren Elasticität durch die Hitze vermehrt ist, das Wasser nach der Mündung der Röhre, und entweicht, in Blasen aufsteigend, von der Oberfläche des Wassers. Dies währt fort, bis die Luft in der Röhre in hohem Grade verdünnt ist, wobei sie indeß immer noch einen Grad von Elasticität behält, welcher hinreicht, dem auf die Oberfläche des Wassers in dem Gefäße wirkenden, und von da nach der Oberfläche des Wassers in der Röhre fortgepflanzten atmosphärischen Drucke das Gegengewicht zu halten. Daß die Luft in der Röhre sehr verdünnt ist, zeigt sich, wenn man die Lampe wegnimmt, wo denn bei Abkühlung der Kugel die Luft sich in ihre frühern Dimensionen zurückzieht, und der Druck der Atmosphäre die Flüssigkeit durch die Mündung der Röhre und über den gekrümmten Theil in die Kugel treibt.

Statt einer Glaskugel kann man auch einen Beutel von irgend einer leichtern Substanz nehmen, wo denn eine Oeffnung sich unten befindet, unter welche die Lampe gestellt wird. Ist die Luft dann hinreichend verdünnt, so steigt der Beutel in die Atmosphäre. Ist er von bedeutender Größe, so kann man sich seiner als eines Luftballons bedienen.

Die Anwendung dieser Principien bildet den ersten glücklichen Versuch in der Aeronautik. Im Jahre 1782 machten zwei Papierfabrikanten in Annonay in Frankreich, Namens Montgolfier, einen seidenen Beutel, in Form einer viereckigen Büchse, der gefüllt etwa 40 Fuß enthielt. Im Boden befand sich eine Oeffnung, unter welche man brennendes Papier brachte: er stieg etwa 100 Fuß hoch. Sogleich versuchte man das Experiment in einem größern Maßstabe. Ein über 700 Fuß haltender Ballon stieg auf dieselbe Weise höher als 600 Fuß. Ein noch größerer Ballon in sphärischer Form hielt 23,000 Fuß und konnte 500 Pfund tragen. Er stieg ungefähr 6000 Fuß hoch.

Nun wurden Versuche gemacht, wie hoch man möglicherweise in der Atmosphäre steigen könnte. Endlich wurde in der letzten Hälfte des Jahres 1783 in Paris ein Ballon zu dem Zwecke erbaut, mehrere Personen in die höhern Regionen der Atmosphäre zu heben. Diese Maschine bestand aus einem elliptischen Beutel, 74 Fuß hoch und 8 Fuß weit. Unmittelbar unter

einer in dem Boden befindlichen Oeffnung hing im Bereich des Aeronauten ein eiserner Kohlentopf, in welchem sich das Brennmaterial befand, um die Luft in dem Ballon fortwährend verdünnt zu erhalten. Herr Pilatre de Rozier und der Marquis d'Arlandes stiegen damit etwa 3000 Fuß hoch. Nun folgten mehrere Versuche mit Ballons derselben Art.

Der erste Erfinder dieser Ballons sah ein, daß die Maschine ihre Leichtigkeit dem von dem Feuer erzeugten Gas verdanke, welches, bei einem der Luft gleichen elastischen Drucke, specifisch leichter war, als diese. Der Schritt von Feuerballons zu mit Gas gefüllten war nun leicht. Das jetzt Hydrogen genannte Gas wurde einer Reihe von Experimenten unterworfen, durch welche man fand, daß seine specifische Schwere nur den siebenten Theil von der der gewöhnlichen Luft ausmachte. Folglich mußte ein damit gefüllter Ballon sehr leicht sein.

Da die Dichtigkeit jeder Luftschicht mit dem Drucke im Verhältniß steht, welchen sie erleidet, so folgt, daß die Atmosphäre nach oben zu immer leichter wird. Ist daher ein Ballon mit so viel Gas gefüllt, als der untern Schicht das Gleichgewicht hält, so zerberstet derselbe in den höhern Regionen. Dies kann man verhindern, wenn man den Ballon nicht ganz füllt, so daß das Gas später sich ausdehnen kann. Uebrigens kann man die Gefahr des Zersprengens auch durch eine Klappe verhüten, durch die man einen Theil des Gases entweichen lassen kann.

Solche Klappe ist ebenfalls erforderlich, damit der Aeronaut nach Belieben sich herablassen kann. Ohne dieselbe müßte er so lange steigen, als Gas in dem Ballon wäre.

Nach der Analogie könnte man schließen, daß man nach Belieben höher steigen könnte, wenn man das Gas in dem Ballon vermehrte; doch das läßt sich schwer bewerkstelligen; daher nahm man Sandbeutel in das Schiff, die man Ballast nannte und durch deren allmähliges Herauswerfen man das Schiff erleichterte; man bediente sich desselben auch, wenn die Maschine irgend einer Ursache wegen zu schnell niedersank, wo man den Ballast dann herauswarf.

Die Hauptursache der Gefahr bei aeronautischen Versuchen entspringt daraus, wenn das Gas plötzlich entweicht. Zu dem Zwecke hat man einen Apparat erfunden, welcher der Fallschirm heißt. Er ist wie ein Baldachin über das Schiff gebreitet. Seine Wirkung besteht darin, daß er den Fall bricht und allmählig das Sinken gleichförmig macht, während der Fall schwerer Körper sonst immer schneller zu werden pflegt. Fällt nun der Aeronaut auf Land nieder, so ist er vollkommen gesichert.

Bei den ersten Versuchen mit dem Fallschirm bediente man sich natürlich geringerer Thiere. Hr. Blanchard ließ einen an einen Fallschirm hängenden Hund aus einer Höhe von 6000 Fuß los. Ein Wirbelwind trug ihn über die Wolken. Bald nachher begegnete der Aeronaut dem Fallschirm aufs neue; der Hund erkannte seinen Herrn und drückte seine Angst durch Bellen aus; ein anderer Luftstrom führte ihn weg und so kom er ihm denn aus dem Gesicht. Bald nach dem Aeronauten sank auch der Fallschirm nieder. Zehn Jahre später machte Herr Garnerin erfolgreiche Versuche mit dem Fallschirm. Er brachte denselben halb ausgespannt zwischen dem Ballon und dem Schiffe an, so daß er sich wie ein Sonnenschirm ausbreitete. In einer Höhe von 2000 Fuß schnitt er, unerschrocken, den Schirm und Wagen von dem Ballon ab. Er sank langsam nieder, und erreichte endlich den Boden ganz ohne Gefahr. Dieses Experiment wurde mehre Male mit demselben Erfolg wiederholt. Einmal ließ er sich von einer senkrechten Höhe von 8000 Fuß nieder.

So wie der Ballon seine Wirksamkeit von dem Gewicht der Atmosphäre ableitet, so hängt der Fallschirm von der Trägheit dieses Fluidums ab. Das im Verhältniß des Quadrats der Schnelligkeit sich vergrößernde Zunehmen der Schnelligkeit entspringt aus der Voraussetzung, daß das Widerstand leistende Fluidum, durch welches der Körper sich bewegt, fortwährend von derselben Dichtigkeit ist. Dies ist indeß mit der atmosphärischen Luft nicht der Fall; die Schichten werden nach unten zu immer dichter, bieten also fortwährend einen erhöhten Widerstand dar, weßhalb der Fallschirm mit gleichförmiger Schnelligkeit sinken wird. Diese Schnelligkeit wird in demselben Verhältniß klein sein, als der Fallschirm groß und das Gewicht des Schiffes und seines Inhalts klein ist.

Da das in dem Ballon befindliche Gas leichter ist, als die atmosphärische Luft, so befindet sich die Klappe zum Auslassen des Gases gewöhnlich in der Spitze des Ballons; denn säße sie unten, so würde das Gas nicht entweichen, weil der Druck der Atmosphäre und die Leichtigkeit des Gases selbst dies verhindern würde. Das Schiff, welches den Aeronauten trägt, wird gewöhnlich von einem Netzwerk getragen, welches den ganzen Ballon umgiebt, und durch Seile mit ersterm verbunden ist, wie Fig. 48. zeigt.

Die völlige Unmöglichkeit, den Lauf der Ballons durch die Luft zu regieren, hat ihrer Nützlichkeit bis jetzt bedeutenden Abbruch gethan. Gelehrte Männer erhoben sich bei manchen Gelegenheiten in die Atmosphäre, in der Absicht, in großer Höhe die Wirkung der Temperatur, des Drucks, der Elektricität und an-

dere mit der Meteorologie verbundene Phänomene zu beobachten. Im Jahre 1804 stiegen Gay Lussac und Biot von Paris aus, mit meteorologischen Instrumenten versehen, 13,000 Fuß hoch. Bald nachher stieg Gay Lussac allein zu einer Höhe von 23,000 Fuß über Paris. Im Jahre 1807 stieg um 10 Uhr Abends Garnerin von Paris auf, und erhob sich mit ungemeiner Schnelligkeit bald hoch über die Wolken. Da das Gas durch zu bedeutende Expansion den Ballon zu zersprengen drohte, so mußte er ein Loch hineinschneiden. Nun fiel der Ballon so reißend, daß jener allen Ballast auswerfen mußte. So blieb der Ballon 8 Stunden lang, bald sinkend, bald steigend, in Bewegung, während welcher der Aeronaut die Wirkungen eines Gewittersturmes beobachtete, von welchem er endlich gegen die Gebirge getrieben wurde. Er landete auf dem Mont Tonnerre, 300 englische Meilen von Paris.

Die in großer Höhe durch die Verdünnung der Luft auf den Aeronauten hervorgebrachten Wirkungen zeigen sich besonders bei dem Athmen; der Puls geht schneller, der Kopf schwillt an, und die Kehle wird trocken.

Auch die zunehmende Kälte ist unangenehm und erzeugt einen unwiderstehlichen Trieb zum Schlafen.

Man hat gefunden, daß Stürme in der Atmosphäre örtlich sind. Dadurch, daß er ein Steigen oder Fallen bewirkt, kann der Aeronaut also sich von einem Luftzuge in eine Windstille und aus einem Strome in den andern, der vielleicht eine entgegengesetzte Richtung hat, begeben. Die Schnelligkeit, mit welcher Ballons bisweilen fortgetrieben werden, beträgt 80 englische Meilen in der Stunde. Die Wolken erscheinen von bedeutender Höhe herab wie eine Schneefläche. Oft begegnet man Schnee- und Hagelwolken, welche dann das Schiff mit diesen Substanzen füllen. Regenwolken durchnässen den Aeronauten. Läßt man in beträchtlicher Höhe Vögel aus dem Schiffe, so fallen sie senkrecht nieder, weil ihre Flügel nicht genug Widerstand finden.

Man hat versucht, den Ballon zu benutzen, um Stellung und Bewegungen einer feindlichen Armee zu beobachten. Zu dem Zwecke war zu Meudon bei Paris eine Akademie errichtet. Man nahm dazu einen fortwährend gefüllten Ballon, der unten mit einem Ballon gefüllt war und sich etwa 25 Yards hoch erhob. Solche Ballons hatten im letzten Kriege die verschiedenen Divisionen der französischen Armee; und bei einer Gelegenheit stieg ein französischer General in der Schlacht von Fleury etwa 500 Ellen hoch, von wo aus er die feindliche Armee recognoscirte. Man sagt, die dem General Jourdan von ihm gegebenen Sig-

nale hätten die Schlacht entschieden. Indeß hat man das Project wieder aufgegeben.

Auch bei geographischen Uebersichten hat man vorgeschlagen, den Ballon anzuwenden.

Die Taucherglocke.

§. 173.

Der Forschungsgeist, welcher dem Menschen inne wohnt, und für dessen Befriedigung er selbst keine Lebensgefahr scheut, hat ihn nicht nur in die Luft, sondern auch in die Tiefe des Meeres geführt.

Das Tauchen ist eine sehr frühe Erfindung, und wurde zuerst angewandt, um werthvolle Sachen, die im Wasser lagen, wieder hervorzuholen. Man erzählt sich davon wunderbare Dinge, deren Beschreibung nicht hierher gehört. Man machte verschiedene Versuche, den Taucher mit Luft zu versehen, und nach mancherlei Erfindungen entstand endlich unsre Taucherglocke.

Die Wirksamkeit dieser Maschine beruht auf der allen materiellen Substanzen eigenen Eigenschaft der Undurchdringlichkeit, d. h. des Ausschlusses aller andern Körper aus dem Raume, in welchem sie sich befindet. Die Taucherglocke ist ein großer, an den Seiten und oben verschlossener, unten aber offener Behälter, welcher für Luft und Wasser völlig undurchdringlich sein muß. Wird solch eine Maschine, mit der Oeffnung unten, mit hinlänglichen Gewichten beschwert, ins Wasser gedrückt, so ist die Luft in derselben fest eingeschlossen. Mit der größern Tiefe nimmt auch die Verdichtung der Luft zu. So ist in einer Tiefe von etwa 34 Fuß der hydrostatische Druck dem der Atmosphäre gleich; und da der atmosphärische Druck auf die Oberfläche des Wassers wirkt, so erleidet die Glocke den doppelten Druck von 34 Fuß; die Luft in derselben wird folglich nach §. 132. zu ihrer halben Dimension verdichtet.

Es ist bekannt, daß wenn ein Thier lange in einem dem Zutritte der Luft verschlossenen Raume athmet, die darin befindliche Luft endlich nicht mehr zur Erhaltung des Lebens ausreicht. Dazu kommt noch, daß das eindringende Wasser so tief als möglich am Rande gehalten werden muß, damit der Taucher einen freien Raum behält. Zu dem Zwecke hat man große, nach §. 162. construirte Verdichtungspumpen angewandt. Diese befinden sich über der Oberfläche des Wassers, und stehen durch eine biegsame Röhre mit dem Innern der Glocke in Verbindung. Durch diese Röhre kann man frische Luft, so viel erforderlich ist, einlassen. Oben in der Glocke befindet sich eine mit einem Hahn versehene Röhre, durch welche man die verdorbene Luft auslassen

kann, um der reinen Raum zu machen. Die verdorbene Luft steigt dann in Blasen nach der Oberfläche.

Die Taucherglocke erhielt den Namen von ihrer ursprünglichen Gestalt. Jetzt wird sie gewöhnlich in Quadratform erbaut, doch so, daß der untere Theil etwas breiter ist, als der obere. Das Material ist oft geschmiedetes Eisen, wo denn die ganze Maschine aus einem Stücke besteht, und dick genug ist, um jedes Zerbrechen zu verhüten. In diesem Falle ist zum Untersinken schon ihr eignes Gewicht hinreichend. Auch hat man dieselben von Holz erbaut.

Oben in der Taucherglocke befinden sich einige starke Glasscheiben, um Licht einzulassen, wie z. B. auf Schiffsverdecken, um die untern Räume zu erhellen.

Die Maschine ist gewöhnlich ein Oblongum, mit Sitzen für den Taucher, Tischen zum Schreibgeräth u. s. w. Unter den Sitzen befinden sich Bretter zum Aufstellen der Füße. Nachrichten werden schriftlich oder durch Signale nach oben gegeben. Zu dem Zwecke befindet sich ein Brett unten, welches an einem Seile befestigt ist. Wird nun ein Signal gegeben, so zieht der Aufseher es in die Höhe. Auf dieselbe Weise wird dann die Antwort hinabgeschickt.

Besteht die Glocke aus geschmiedetem Eisen, so kann man sehr leicht ein Signalsystem einrichten. Ein Schlag mit dem Hammer auf die Glocke verursacht einen oben sehr gut hörbaren, von jedem andern genau unterschiedenen Ton. Die Zahl der Schläge bildet die Signale. So bedeutet z. B. ein einzelner Schlag, daß man frische Luft einlassen solle; zwei Schläge, daß die Glocke still stehen soll ꝛc. Indeß ist dieses System ganz willkürlich und muß sich oft nach der Localität richten.

Die Glocke hängt gewöhnlich an einem Krahn, der sich über dem Wasser befindet. Diesen Krahn kann man vor- und rückwärts und zur Seite bewegen. Dadurch erhält auch die Glocke verschiedene Bewegungen, je nach der Länge des Krahns, und kann auf jeden Theil des Bodens geleitet werden, der sich senkrecht unter dem von der Länge des Krahns gebildeten Parallelogramm befindet.

Literarische Anzeige.

Bei G. Basse in Quedlinburg sind so eben erschienen und in allen Buchhandlungen Deutschlands und der Schweiz zu haben:

Handwörterbuch zur richtigen Aussprache der

Fremdnamen,

sowohl der ausländischen Personen-, als Länder- und Städtenamen älterer und jetziger Zeit, sowie der in der Umgangs- und wissenschaftlichen Sprache gebräuchlichsten Fremdwörter. Für Gebildete aller Stände, insbesondere für Lehrer, Geschäfts- und Kaufleute, Reisende, Zeitungs- und Vorleser, Schauspieler ꝛc. Von Dr. Carl Lippert. gr. 8. geh. Preis: 1 Thlr. 5 Sgr.

Tagtäglich kommen, wie jedem Gebildeten, so besonders den genannten Personen, eine Menge fremder Namen vor, deren richtige Schreibung und noch mehr deren Aussprache bedeutenden Schwierigkeiten unterliegt. Auch der Kundigste sieht sich dabei nur zu oft in die Nothwendigkeit versetzt, bald bei diesem, bald bei jenem nachzuschlagen und sich Raths zu erholen. Aber wie oft scheitert man da und wie oft nimmt man vergeblich in dieser Beziehung ein Conversations- oder ein ähnliches Lexikon zur Hand. Schon von diesem Gesichtspunkte aus erscheint ein Lexikon, welches ausschließlich den fremden Eigennamen gewidmet ist, Reichhaltigkeit und größeste Correctheit verbindet, als ein dringendes Bedürfniß und wird sich nicht gut in einer Officin entbehren lassen. Doch noch von anderer Seite betrachtet, ist das vorstehend angezeigte Lexikon, wie Jedem, der auf Bildung Anspruch macht, so vorzüglich den Herren Schriftsetzern zu empfehlen. Wohl Viele von ihnen besitzen neben Kenntniß der Muttersprache, wenigstens die Rudimente einiger alten und neuen Sprachen und sind um so geachteter und geschätzter, je mehr sie darin leisten, dennoch wird bald aus dieser, bald aus jener Sprache ein Wort ihnen aufstoßen, dessen Orthoëpie ihnen nicht bekannt ist, denn gerade bei Eigennamen finden die gewöhnlichen Regeln der Grammatik nicht immer ihre Anwendung. — Wollte man dagegen einwenden, der Schriftsetzer hat nicht nöthig, sich um die Aussprache eines Wortes zu kümmern, sondern bloß um die Rechtschreibung desselben; so läßt sich darauf antworten: Mit nichten! denn wie oft wird er veranlaßt, sich mit dem Verfasser oder einem sonstigen Gelehrten über diesen oder jenen Gegenstand seines Werkes zu unterreden und in welchem Lichte erschiene er da, wüßte er das Wort, das er vielleicht auf jeder Seite setzt, nicht einmal richtig auszusprechen. Es mögen hier nur einige Beispiele folgen. Wie oft hört man nicht sprechen oder lesen: Newton statt Njuh't'n; Franklin st. Frängk'-linn; Byron st. Bir'n; Gruithuisen st. Greutheus'n; Peru st. Perú; Portici st. Pórtitschi; Canning st. Kän'ning; Halley st. Hälli; Potosi st. Potŏsi; Cooper st. Kuh'per; Brewster st. Bruhster; Stockholm st. Stóckholm; Washington st. Uasch'ingt'n; Wallace st. Ual'liß; Wellington st. Uel'lingt'n; Wellesley st. Uell's'li; Bulwer st. Böllwer; Morlachi st. Morláki; Sevilla st. Sewilja; Bastia st. Bastia; Greenwich st. Grih'nitsch; Rio de Janeiro st. Riu de Schaneiru, ꝛc. ꝛc. Kaum daß der Name des größten aller Dichter, Shakespeare, richtig (Shäkspihr) ausgesprochen wird.

Dies wird hinlänglich sein, um einen Begriff von der hohen Nützlichkeit der vorstehenden Schrift zu geben, die in den Händen jedes Gebildeten sein sollte. Sie enthält alle merkwürdige, bekannte und häufig in der Conversation, bei der Lectüre und in politischen Zeitungen vorkommende Namen von Personen, Ländern, Städten, Flüssen, Gebirgen ꝛc., sowohl alter als jetziger Zeit, insbesondere die englischen, französischen, italienischen, spanischen, portugiesischen, schwedischen, polnischen, russischen, ungari-

schen, türkischen, persischen, indischen, sowie die griechischen und lateinischen, mit daneben stehender Aussprache, Betonungszeichen 2c. Um aber zugleich die Reichhaltigkeit derselben anzudeuten, bemerken wir, daß sie, außer den zahlreich eingestreuten Fremdwörtern, bei weitem mehr denn 20,000 fremde Eigennamen enthält.

M. Annaei Lucani

Pharsaliae

libri X. Ad meliorum librorum fidem recensuit scholiisque interpretatus est et indicem adjecit *Car. Herm. Weise*. gr. 8. 1 Thlr. 20 Sgr.

Lucan wurde zu allen Zeiten für einen der schätzenswerthesten Dichter des alten Latiums erachtet. Die Pharsalia war bisher noch eben so wenig zweckmäßig kritisch bearbeitet, als der Text hinreichend erklärt, da die neuesten Ausgaben von Weber nur die alten Recensionen von Grotius und Korte, nebst den ältern Erklärungen dieses und Anderer darboten, ohne neuere Resultate aufzustellen. Eine das Mittel haltende Textesrecension nach bestimmten und guten Codicibus war daher eben so wünschenswerth, als eine bündige Erklärung des nicht selten sehr schwer zu erfassenden Sinnes. Beides hat der Herausgeber nach Möglichkeit geleistet. Zu dem Texte sind, nebst schätzbaren alten Ausgaben, vorzüglich die Leipziger von Weber verglichenen Codices in Anspruch genommen. Die Interpretation ist mit Benutzung der Aeltern vorzüglich auf den Grund einer durchgreifenden Kenntniß der Eigenthümlichkeiten des Lucan selbst und der alten Sprache in zweckmäßiger Kürze und guter Latinität festgestellt. Druck und Papier sind höchst lobenswerth.

Atlas antiquus.

Schul-Atlas der alten Welt. Nach d'Anville, Mannert, Kruse, Reichard u. A. bearbeitet. Nebst einem kurzen Abrisse der alten Geographie von *C. Herm. Weise*. 14 Blatt in grofs Querfolio. 1 Thlr. 15 Sgr.

Das Literaturblatt der „Schlesischen Provinzialblätter," December-Heft 1835, sagt darüber mit Recht: „Hier wird uns ein für den Schulgebrauch recht zweckmäßiger Atlas der alten Welt dargebracht, der auf 10 Blättern den Erdkreis, Spanien, Gallien, Ober- und Unter-Italien, Germanien, Griechenland, Klein-Asien und Syrien, Palästina, Aegypten und Arabien enthält. Das 11te Blatt stellt Athen mit dem Piräus, das 12te die Akropolis, das 13te Rom und den Capitolinus, das 14te endlich den Campus Martius dar. Alle 14 Blätter sind mit vielem Geschick entworfen und mit großer Sauberkeit ausgeführt und durch den Steindruck vervielfältigt. Die Schrift ist deutlich und überall lesbar; auch läßt sich nicht verkennen, daß die auf dem Titelblatte genannten Hülfsmittel mit Umsicht benutzt worden sind. Durch die Beifügung der letzten 4 Blätter, welche den meisten Unternehmungen der Art fehlen, hat zugleich der Herausgeber der Jugend ein vollkommenes Mittel dargeboten, sich eine nähere Kenntniß von Athen und Rom zu erwerben. Der vorangeschickte Abriß der alten Geographie ist zwar äußerst kurz, doch gewährt er die Einsicht des Nothwendigsten, was vom Schüler in Tertia und Secunda in dieser Beziehung verlangt werden kann. — Da dieser Atlas bei seiner trefflichen Ausstattung hoffentlich einen starken Absatz finden wird, so wünschen wir, daß sich der Verleger hierdurch angespornt fühlen möge, einen historischen Schulatlas recht bald folgen zu lassen" 2c.

Champollion's des Jüngern

Briefe aus Aegypten und Nubien,

geschrieben in den Jahren 1828 und 1829. Vollständige, mit drei Abhand-

lungen und mit Abbildungen versehene Ausgabe. Aus dem Französischen übersetzt von Eugen Freiherrn v. Gutschmid. gr. 8. Mit 7 Tafeln Abbildungen. 1 Thlr. 15 Sgr.

Eine Reise nach Aegypten war für Champollion den Jüngern das Hauptaugenmerk schon im funfzehnten Jahre; mit ihr hat er seine Laufbahn im einundvierzigsten beschlossen. Sein Wirken hat vor der durch das Naturgesetz bestimmten Zeit für ihn begonnen und geendet, aber es war genug, einen dauernden Nachruhm ihm zu erwerben.

Quatremère de Quincy's Geschichte

Raphael's und seiner Werke.

Nach der zweiten, verbesserten und vermehrten französischen Original-Ausgabe übersetzt. Nebst einem Facsimile. gr. 8. geh. 1 Thlr. 15 Sgr.

Das Leben und die Werke des größten aller Maler in einer leichten Uebersicht darzustellen, ist der Zweck der gegenwärtigen Schrift, den der geistreiche Verfasser meisterhaft erreicht hat. Die Beschreibungen und Erklärungen der einzelnen Werke R.'s, obwohl bündig und kurz, zeugen dennoch von dem höchst feingebildeten Kunstsinne des Verfassers. Die chronologische Anordnung des Ganzen stellt sowohl die von Raphael durchlaufene Bahn, als auch den fortschreitenden Gang seines Talentes in ein möglichst helles Licht. Im Anhange befinden sich sehr interessante Mittheilungen aus Raphael's Briefwechsel u. A. Besitzern von Gemälde-Galerien, sowie allen Jüngern und Freunden der Kunst, insbesondere aber allen Verehrern des genialen Künstlers kann nicht leicht eine angenehmere Gabe dargeboten werden.

Moritz Graf v. Görtz-Wrisberg: Wörterbuch über die

Schwierigkeiten der deutschen Sprache.

Oder bequemes Nachschlagebuch, um sich in schwierigen Fällen sowol hinsichtlich der Sprachlehre, als auch der Rechtschreibung und der Fremd- und sinnverwandten Wörter Raths zu erholen. gr. 8. 1 Thlr. 15 Sgr.

Treffliche, allgemein anwendbare und übereinstimmend durchgeführte Grundsätze der deutschen Rechtschreibung; gründliche, von großer Umsicht und feinem Gefühle zeugende Belehrungen über richtigen Ausdruck und edle Schreibart; die Aufnahme der in der deutschen Sprache gebräuchlichen Fremdwörter, nebst ihrer Erklärung und den ihnen entsprechenden deutschen Wörtern, sowie klarer, gemeinfaßlicher Vortrag sind die eigenthümlichen Vorzüge dieses neuen Wörterbuchs. Dem Schul- und dem Geschäftsmanne darf daher dieses höchst brauchbare Werk mit Recht empfohlen werden.

Beiträge, oratorische.

Eine Auswahl von Prologen, Dialogen und Dramen zum Gebrauch bei den Declamations-Uebungen in Schulen und bei feierlichen Redeacten. 8. 22 Sgr. 6 P.

K. L. Heldermann's

Handbuch der Gymnastik

für die deutsche Jugend. Oder Unterricht in den, zur Beförderung der Gesundheit, Kraft und Gelenkigkeit des Körpers und zur physischen Ausbildung überhaupt unentbehrlichen Leibesübungen. Für Eltern, Erzieher, Lehrer an Schulen und Privat-Erziehungsanstalten, sowie zum Selbstunterricht für Jüng-

linge und Knaben. Nach den neuesten Grundsätzen bearbeitet. Mit vielen erläuternden Abbildungen. 8. 1 Thlr. 5 Sgr.

Dessen Handbuch der

Gymnastik für Mädchen.

Mit vielen erläuternden Abbildungen. 8. 25 Sgr.

Nützliches Geschenk für die Jugend.

Etui-Schulatlas

über alle Theile der Erde. Für den ersten geographischen Unterricht. Von Dr. *Ed. Ad. Moller.* Vierte, verbesserte Auflage. 24 Blatt in qu. Quart. 25 Sgr.

Dieser eben so niedliche, als zweckmäßig eingerichtete Atlas erfreut sich mit Recht des allgemeinsten Beifalls.

***Adolf* Ziemann,**

altdeutsches Elementarbuch.

2 Abtheilungen. gr. 8. 1 Thlr. 5 Sgr.

Auch unter den besondern Titeln:

— Grundriss zur Buchstaben- und Flexionslehre des Altdeutschen, nebst einem Wurzelverzeichniss. Nach *Grimm* bearbeitet. gr. 8. 15 Sgr.

— Altdeutsches Lesebuch. Mit Anmerkungen. gr. 8. 20 Sgr.

Bereits in vielen Lehranstalten eingeführt und von allen kritischen Journalen, selbst im Auslande, belobend hervorgehoben. **cf. Allg. Lit. Ztg.** 1834. No. 77. und an andern Orten. — Ueber die zweite Abtheilung spricht sich v. d. Hagen in den Berl. Nachr. 1835. No. 23. aus.

Dessen gothischhochdeutsche

Wortlehre.

gr. 8. 15 Sgr.

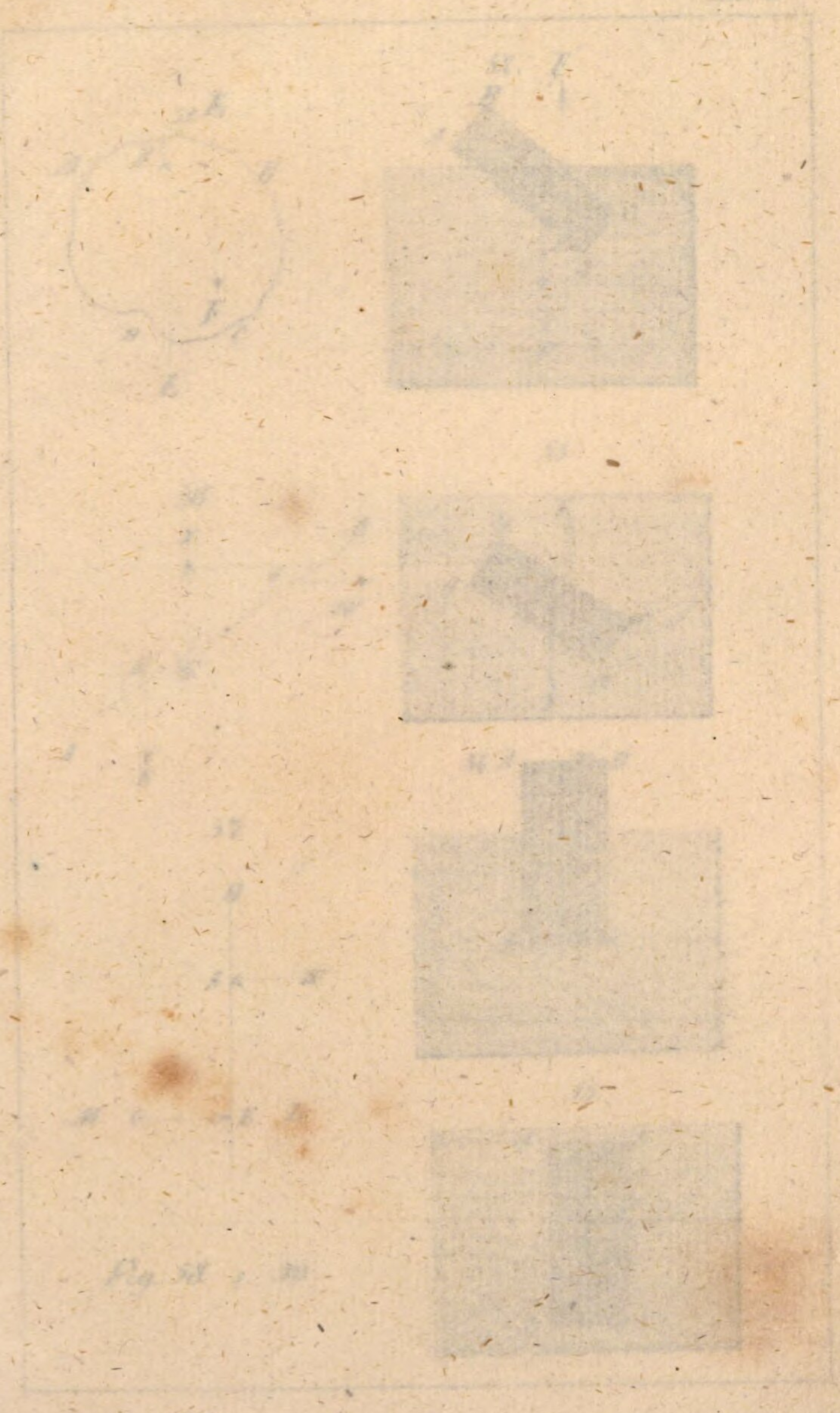
Die Muttersprache auf grammatischem Wege in ihrer Entwickelung darzustellen und damit zugleich in das Studium der mittelhochdeutschen Dichter einzuleiten, ist der Zweck dieses Buches. Ueber seinen Werth haben sich alle Recensionen einstimmig ausgesprochen. Vgl. v. d. Hagen's Urtheil in den Berl. Nachr. 1835. No. 23.; Literar. Ztg. 1835. No. 5.; **Gersdorf's Repert. d. gesammt. d. Lit. III. 6.** S. 572.

J. Chr. K. Herbig,

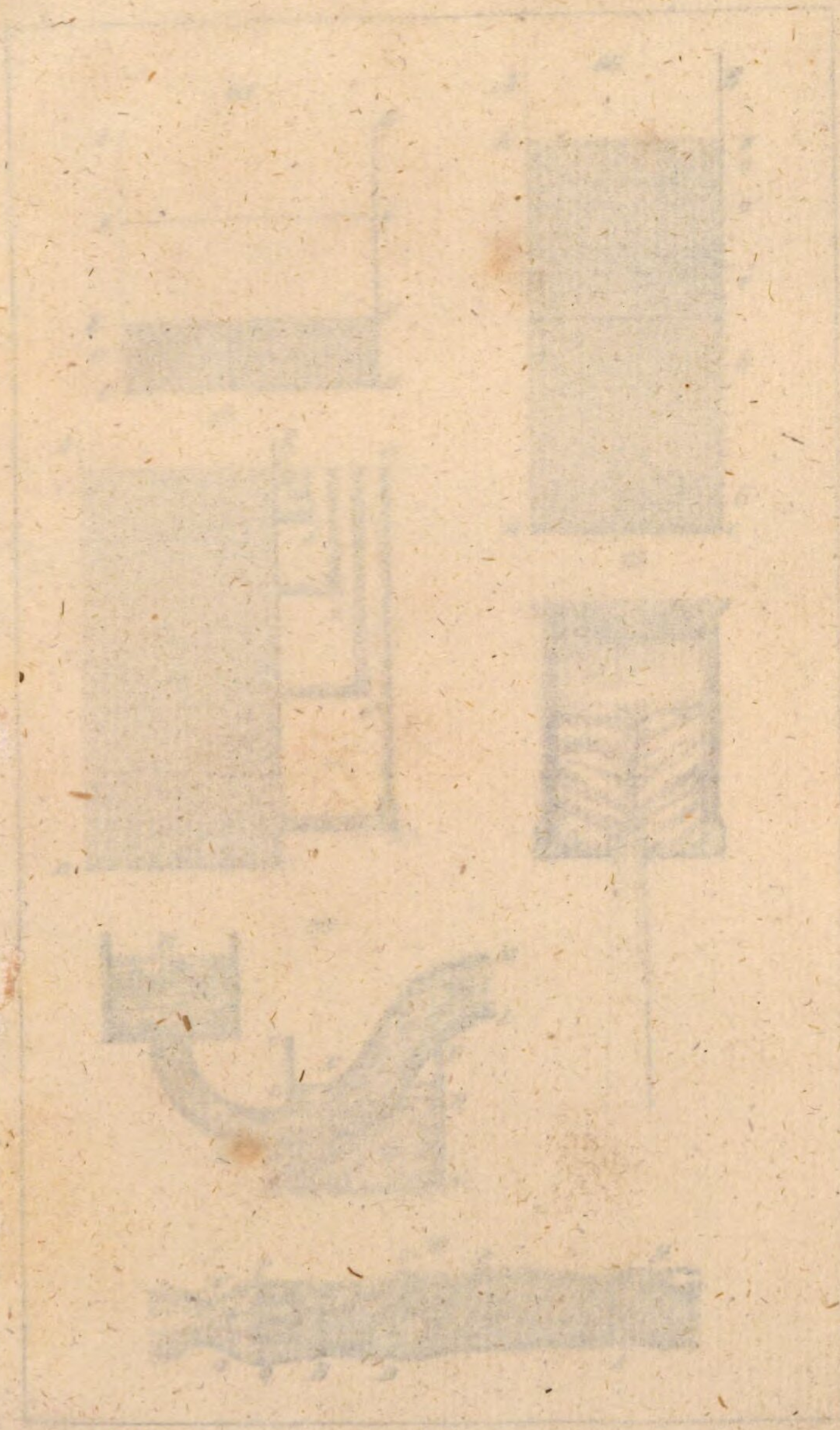
Wörterbuch der Sittenlehre.

Oder: Alphabetisch geordnete Erklärungen aller in der Sittenlehre vorkommenden Begriffe. Aus den Werken von Ammon's, Reinhard's, Stäudlin's, Vogel's, de Wette's, Cannabich's, Fries', Kant's, Krug's, Maaß', Platner's, Schulze's und vieler andern Theologen und Philosophen neuerer Zeit zusammengetragen, mit den Namen der Verfasser, mit eigenen Erklärungen und mit einem die vorzüglichsten Bibelstellen für die in diesem Wörterbuche gegebenen Wörter enthaltenden Anhange versehen. Lexikon-Format. 2 Thlr. 10 Sgr.

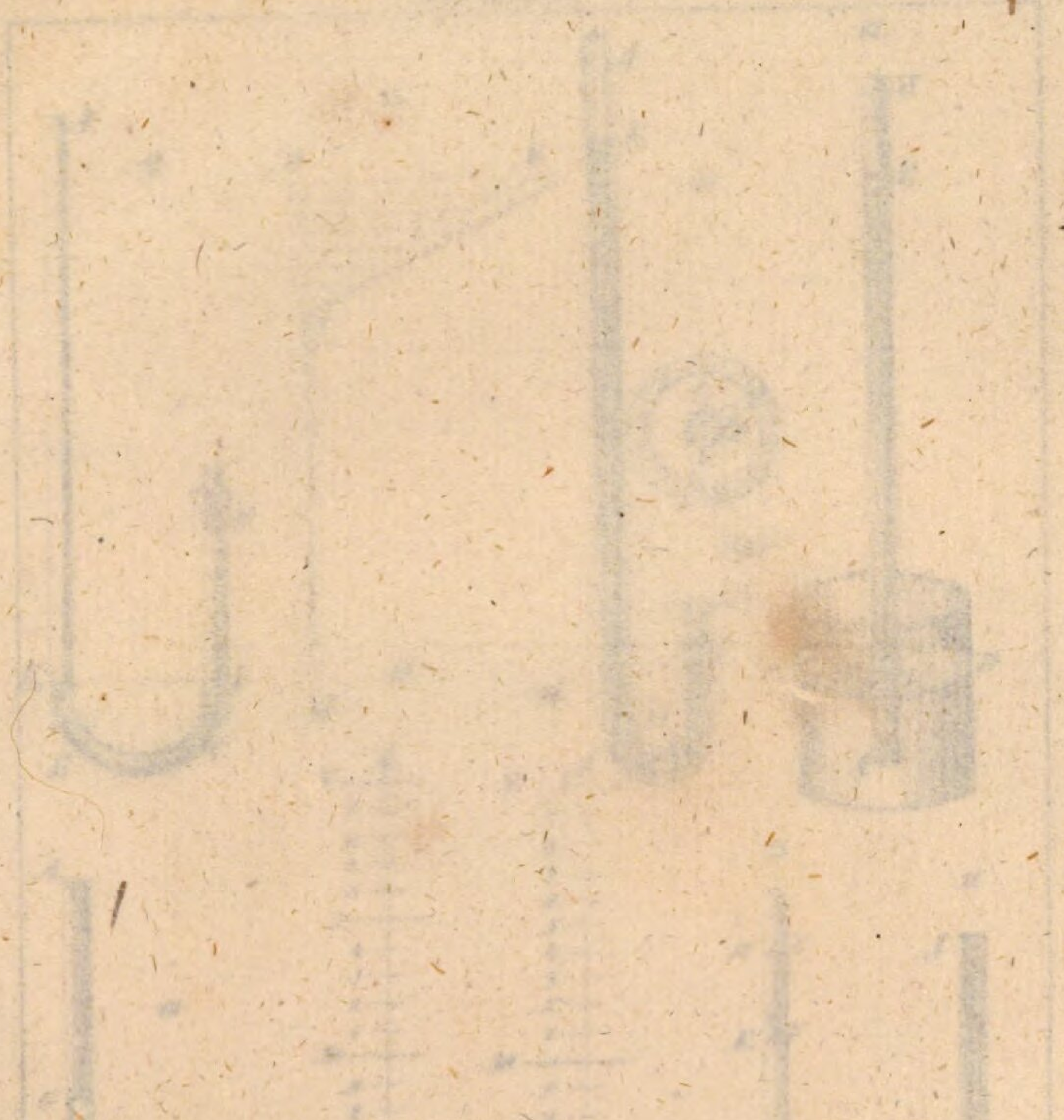
III.

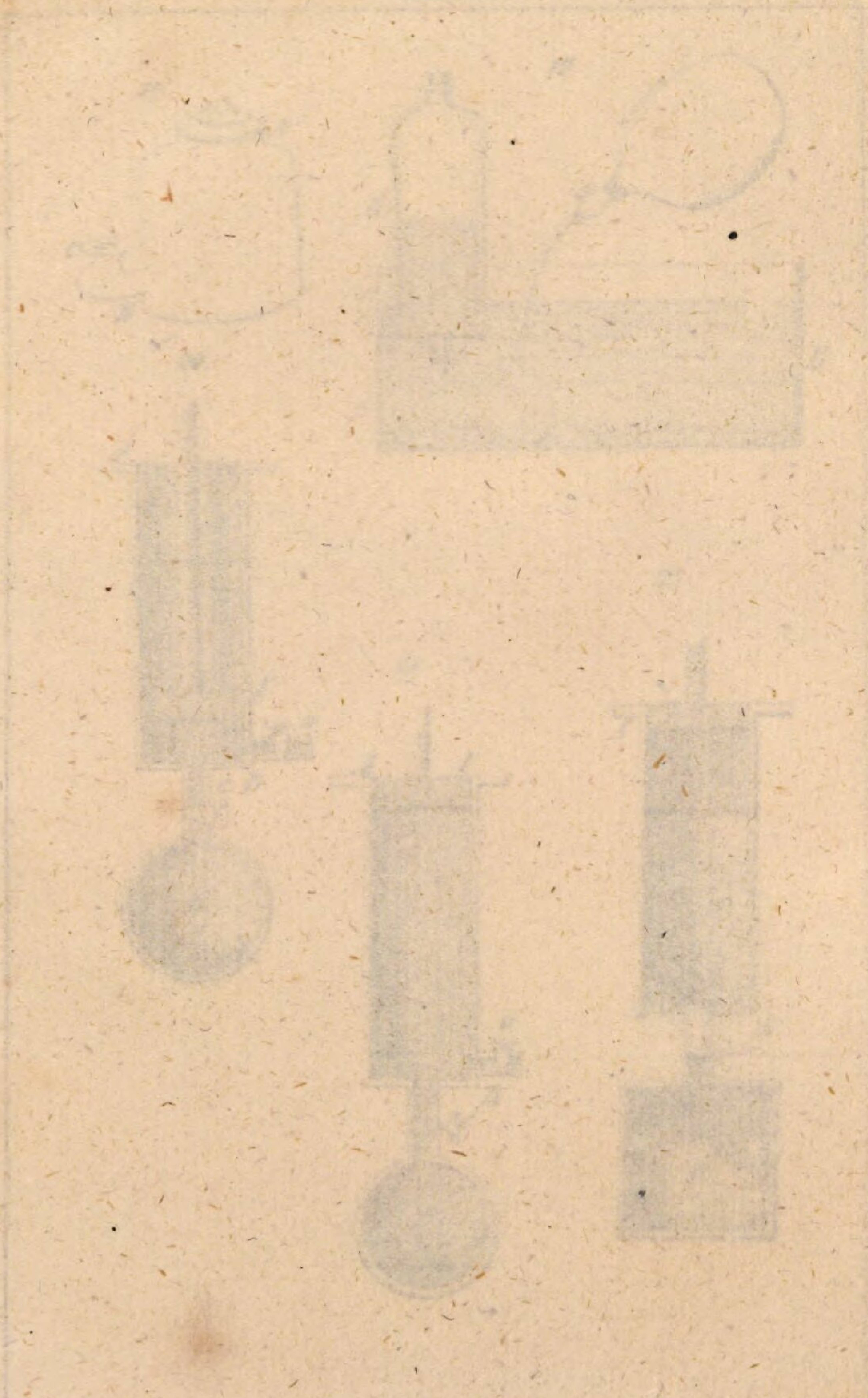


Tab. II.



Tab. 3.





[illegible]

Bayerische StaatsBibliothek
Münchener DigitalisierungsZentrum Digitale Bibliothek

Lardner, Dionysius

Handbuch der Hydrostatik und Pneumatik

Quedlinburg und Leipzig 1836

Phys.sp. 378 w
urn:nbn:de:bvb:12-bsb10134139-2